

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CÂMPUS DE BOTUCATU**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DE FRUTOS E SEMENTES DE ESPÉCIES  
DE *BANISTERIOPSIS* C. B. ROBINSON E *DIPLOPTERYS* A. JUSS.  
(MALPIGHIACEAE)**

**LETÍCIA SILVA SOUTO**

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

**BOTUCATU - SP  
- 2007 -**

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CÂMPUS DE BOTUCATU**

**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS**

**MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DE FRUTOS E SEMENTES DE ESPÉCIES  
DE *BANISTERIOPSIS* C. B. ROBINSON E *DIPLOPTERYS* A. JUSS.  
(MALPIGHIACEAE)**

**LETÍCIA SILVA SOUTO**

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> DENISE MARIA TROMBERT DE OLIVEIRA  
ORIENTADORA**

**Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP,  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências Biológicas (Botânica), AC:  
Morfologia e Diversidade Vegetal**

**BOTUCATU - SP  
- 2007 -**

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

Souto, Letícia Silva.

Morfoanatomia e ontogênese de frutos e sementes de espécies de  
*Banisteriopsis* C. B. Robinson e *Diplopterys* A. Juss / Letícia Silva Souto. –  
2007.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de  
Biotecnologia de Botucatu, 2007.

Orientadora: Denise Maria Trombert de Oliveira

Assunto CAPES: 20302002

1. Morfologia vegetal 2. Botânica 3. Fruto

CDD 581.4

Palavras-chave: *Banisteriopsis*; *Diplopterys*; Malpighiaceae; Morfoanatomia;  
Fruto; Semente

Aos meus pais, Reinaldo e Isabel,  
com todo meu amor

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, muito obrigada pela alegria e pela força que me dá em todos os dias da minha vida.

À Profa. Dra. Denise Maria Trombert de Oliveira, pela orientação e pela amizade em todos esses anos de convívio.

À FAPESP, pelo financiamento do projeto junto ao Programa Biota, e ao CNPq, pela bolsa durante o segundo ano do mestrado.

À Dra. Maria Cândida Mamede, do Instituto de Botânica de São Paulo, pela identificação do material botânico.

À Maria Helena, Luciene e Sérgio, funcionários da Seção de Pós-graduação, pela prestação ao atender as solicitações.

A todos os funcionários e docentes do Departamento de Botânica, em especial à Adriana, secretária do Departamento, e ao Kleber, técnico do Laboratório de Anatomia Vegetal, funcionários sempre prestativos e prontos a auxiliar as nossas necessidades.

Ao Sr. Clemente José Campos, pelo auxílio durante as coletas e pela amizade.

A todos os amigos do Departamento de Botânica; sem a companhia de vocês o trabalho teria sido bem mais difícil.

Aos meus pais, Reinaldo e Isabel, muito obrigada por tudo que fazem por mim e pelo financiamento durante o mestrado.

À minha irmã Adriana e meu namorado Eduardo, pelo carinho, amizade e compreensão.

A todos os meus amigos que com suas amizades me ajudaram a ser uma pessoa melhor, em especial às amigas Lígia, Luciana e Paula.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente ajudaram na elaboração desse trabalho, meu muito obrigada.

## SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	1
Abstract.....	3
Introdução geral.....	5
Revisão de literatura.....	7
1. Caracterização do ambiente de coleta.....	7
2. Família Malpighiaceae.....	8
3. O gênero <i>Banisteriopsis</i> .....	14
4. O gênero <i>Diplopterys</i> .....	15
5. Caracterização das espécies em estudo.....	15
Capítulo I – Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de <i>Banisteriopsis</i> C.B. Robinson e <i>Diplopterys</i> A. Juss. (Malpighiaceae).....	18
Resumo.....	20
Palavras-chave.....	20
Introdução.....	20
Material e métodos.....	21
Resultados.....	23
Ovário de botão floral.....	23
Ovário da flor em antese.....	24
Fruto jovem.....	25
Fruto maduro.....	26
Discussão.....	28
Agradecimentos.....	31
Referências bibliográficas.....	31
Figuras.....	34
Capítulo II – Morfoanatomia e ontogênese da semente de <i>Banisteriopsis</i> C.B. Robinson e <i>Diplopterys</i> A. Juss. (Malpighiaceae).....	41
Resumo.....	43
Palavras-chave.....	43
Introdução.....	43
Material e métodos.....	44
Resultados.....	45
Óvulo do botão floral e flor em antese.....	45
Semente em desenvolvimento.....	46
Semente madura.....	47

Discussão.....	48
Agradecimentos.....	51
Referências bibliográficas.....	51
Figuras.....	54
Considerações finais.....	59
Referências bibliográficas.....	61

SOUTO, L.S. MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DE FRUTOS E SEMENTES DE ESPÉCIES DE *Banisteriopsis* C. B. ROBINSON E *Diplopterys* A. JUSS. (MALPIGHIACEAE). 2007. 65P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, BOTUCATU.

**RESUMO** – Malpighiaceae, uma das dez famílias de maior representatividade do bioma cerrado, possuem cerca de 66 gêneros e 1.200 espécies, com maior diversidade nas Américas. *Banisteriopsis* e *Diplopterys* destacam-se por sua representatividade nos cerrados, apresentado aproximadamente 100 espécies restritas ao continente americano. Por sua semelhança morfológica os dois gêneros sempre foram considerados próximos; recentes análises moleculares verificaram que espécies de *Banisteriopsis* são mais adequadamente alocadas em *Diplopterys*, aumentando o número de espécies deste último. A análise da literatura revela que a morfologia e a anatomia dos órgãos reprodutivos de grande parte das plantas de cerrado são desconhecidas; em Malpighiaceae, este tipo de estudo é ainda mais escasso, havendo poucas espécies estudadas em profundidade. Tendo em vista essas considerações, *Banisteriopsis campestris*, *B. oxyclada*, *B. stellaris* e *Diplopterys pubipetala* foram selecionadas para estudos estruturais e ontogenéticos dos frutos e sementes, os quais serão comparados entre si e com outras espécies da família. O material botânico foi coletado, fixado e processado, adotando-se técnicas convencionais. Verificou-se que, nas quatro espécies estudadas, o ovário é tricarpelar, trilocular, com um óvulo por lóculo, de placentação axial. A epiderme externa é unisseriada, com muitos tricomas tectores, o mesofilo ovariano é formado por várias camadas de células meristemáticas e a epiderme interna é inicialmente unisseriada, mas logo se divide periclinalmente; na região dorsal de cada carpelo, nota-se uma projeção na parede ovariana que irá produzir a ala dorsal desses frutos. Os óvulos são suspensos, subcampilótopos, bitegumentados e crassinucelados; o tegumento interno é mais curto que o externo, sendo que apenas este último forma a micrópila; o nucelo é muito amplo e se projeta pela micrópila, ficando em contato direto com células do obturador funicular, estrutura menos conspícua em *D. pubipetala*. Os frutos das espécies de *Banisteriopsis* apresentam estrutura e desenvolvimento muito similares entre si, enquanto que *D. pubipetala* mostra algumas peculiaridades. O fruto é esquizocárpico e formado por três samarídeos com ala dorsal presos ao tórus; *D. pubipetala* apresenta também alélulas sobre o núcleo seminífero. O exocarpo é unisseriado. Nas *Banisteriopsis*, o mesocarpo mostra três regiões: o mesocarpo externo, formado por camadas de células volumosas, justapostas e fenólicas; o mesocarpo médio, parenquimático, com numerosas drusas e idioblastos fenólicos; imersos nesse



parênquima, ocorrem conjuntos de células alongadas e espessadas; o mesocarpo interno é composto por células alongadas tangencialmente e espessadas; o endocarpo tem células alongadas longitudinalmente e lignificadas. Em *D. pubipetala*, o mesocarpo externo é formado por células justapostas e volumosas; o mesocarpo médio é composto por uma faixa contínua de células alongadas e espessadas; o mesocarpo interno possui duas a três camadas de células de paredes delgadas e conteúdo fenólico; o endocarpo prolifera muito, formando um aerênquima. Nas quatro espécies estudadas, as células parenquimáticas do pericarpo colapsam na maturidade. A ala é formada pelo exocarpo unisseriado, mesocarpo externo, com uma camada subepidérmica unisseriada a bisseriada, composta por células volumosas; o mesocarpo médio forma aerênquima e feixes vasculares colaterais podem ser vistos nesta região. O tórus é parenquimático, apresentando muitos idioblastos fenólicos e drusas. *Banisteriopsis* e *Diplopterys* têm sementes pequenas, amarelo-escuras, que apresentam paucicalaza; na maturidade, o envoltório seminal encontra-se colapsado, distinguindo-se apenas a exotesta com compostos fenólicos e resíduos da vascularização. O amplo nucelo é consumido durante o desenvolvimento. São sementes exalbuminosas e o embrião preenche toda a cavidade seminal; o eixo hipocótilo-radícula é reto, curto e afilado, e os dois cotilédones são carnosos e bem desenvolvidos. A reserva encontrada em todo o embrião é composta basicamente por lipídeos, havendo somente pequenos grãos de amido dispersos. Muitas drusas são observadas no meristema fundamental de todo o embrião.

**Palavras-chave:** anatomia, morfologia, desenvolvimento, fruto, semente, Malpighiaceae.

SOUTO, L.S. **MORPHOLOGY, ANATOMY AND ONTOGENY OF FRUITS AND SEEDS OF SPECIES OF *Banisteriopsis* C. B. ROBINSON AND *Diplopterys* A. JUSS. (MALPIGHIACEAE)**. 2007. 65P. M.SC. THESIS – BIOSCIENCES INSTITUTE, UNESP – SÃO PAULO STATE UNIVERSITY, BOTUCATU.

**ABSTRACT** – Malpighiaceae, one of the ten more representative families of cerrado, possess about 66 genera and 1,200 species, with bigger diversity in Americas. The genera *Banisteriopsis* and *Diplopterys* are distinguished for their representativity in the cerrado, presented approximately 100 species restricted to the American continent. By its morphologic similarity the two genera had been always considered close; recent molecular analyses have had verified that species of *Banisteriopsis* are more adequately placed in *Diplopterys*, having increased the number of species of this last one. The analysis of literature reveals that the morphology and the anatomy of the reproductive organs of great part of cerrado plants are unknown; in the Malpighiaceae, this kind of study is still more scarce, having few species studied in depth. In this way, *Banisteriopsis campestris*, *B. oxyclada*, *B. stellaris* and *Diplopterys pubipetala* (Malpighiaceae) have been selected for structural and ontogenetic studies of the fruits and seeds, which will be compared between themselves and with other species of the family. Thus, the botanical material was collected, fixed, and prepared using conventional techniques. In the four studied species, we verify that the ovary is tricarpellary, trilocular, with one ovule per locule, in axile placentation. The outer epidermis is uniseriate, with several non-glandular trichomes, the ovarian mesophyll is formed by some layers of meristematic cells, and the inner epidermis is initially uniseriate, but soon occur periclinal divisions; in the dorsal region of each carpel, there is a projection that it will produce the dorsal wing of these fruits. The ovules are suspended, subcampylotropous, bitegmic and crassinucellate; the inner integument is shorter than the outer one, being this last one that forms the micropyle; the nucellus is very ample and projects through the micropyle, coming into contact with the cells of funicle that constitute the obturator, structure less conspicuous in *D. pubipetala*. The fruits of *Banisteriopsis* species present very similar structure and development, while that *D. pubipetala* shows some peculiarities. The fruit is schizocarpic and formed by three mericarps with dorsal wing joined to torus; *D. pubipetala* also presents winglets on the seminal chamber. The exocarp is uniseriate. In the *Banisteriopsis*, the mesocarp shows three regions: the outer mesocarp, formed by layers of voluminous, juxtaposed and phenolic cells; the medium mesocarp, parenchymatous, with numerous druses and phenolic idioblasts; blocks of elongated and thick cells occurs immersed in this

parenchyma; the inner mesocarp is composed of thick and tangentially elongated cells; the endocarp has longitudinally elongated lignified cells. In *D. pubipetala*, the outer mesocarp is formed by juxtaposed and voluminous cells; the medium mesocarp is composed of a continuous layer of elongated thick cells; the inner mesocarp has two to three layers of cells of thin walls and phenolic content; the endocarp proliferates very much, forming an aerenchyma. In the four studied species, the parenchyma cells of pericarp collapse in maturity. The wing also has uniseriate exocarp; the outer mesocarp presents a subepidermic band with one or two layers of voluminous cells; the medium mesocarp forms an aerenchyma, and collateral vascular bundles can be seen in this region. The torus is parenchymatous, with many druses and phenolic idioblasts. *Banisteriopsis* and *Diplopterys* have small, yellow-dark seeds, that present a pachycalaza; in the maturity, the seed coat collapses, distinguishing only the exotesta with phenolic compounds and residues of vascular tissues. The large nucellus is consumed during development. The seeds are exalbuminous and the embryo fills the seminal chamber; the embryonic axis is straight, short and well formed, and the two cotyledons are fleshy and well developed. The embryonic reserve is composed basically for lipids, having small dispersed starch grains. Many druses are observed in ground meristem of the embryo.

**Key words:** anatomy, morphology, development, fruit, seed, Malpighiaceae.

## Introdução

Malpighiaceae possui aproximadamente 1.200 espécies, agrupadas em 66 gêneros (Anderson 1990b). A família é composta por árvores, arbustos, lianas e ervas perenes, com folhas usualmente opostas, simples, inteiras, de venação pinada; as flores são bissexuais e bilaterais, caracterizadas principalmente pela presença de glândulas produtoras de óleo na face abaxial de, pelo menos, quatro sépalas. O ovário é súpero, formado por três carpelos, os estiletos são normalmente distintos e os estigmas de morfologia variável. A placentação é axial e ocorre apenas um óvulo por lóculo. Seus frutos são variados, podendo ser deiscentes ou indeiscentes, carnosos ou secos. A semente apresenta embrião reto a curvo, com endosperma ausente na maturidade (Judd *et al.* 1999).

A família tem distribuição tropical e subtropical, tanto no Velho como no Novo Mundo (Anderson 1990b, Vogel 1990). Entretanto, sua maior diversidade é centrada na América do Sul (Judd *et al.* 1999). A diversidade no continente americano é facilmente constatada por sua representação dentro do bioma cerrado; Mendonça *et al.* (1998) colocam as Malpighiaceae entre as dez famílias mais bem representadas nesse bioma.

A morfologia floral das Malpighiaceae é bastante homogênea, mas seus frutos apresentam extrema diversidade (Anderson 1979a). Por essa razão as características dos frutos sempre foram utilizadas para a delimitação dos táxons dentro da família, como para a definição de tribos e gêneros. Seus frutos podem ser múltiplos ou simples, sendo que estes são esquizocárpicos, núculas, nucáceos ou nuculâneos; os frutos esquizocárpicos desenvolvem samarídeos ou cocas, estas deiscentes ou indeiscentes (Barroso *et al.* 1999). Apesar disso, estudos com morfologia e anatomia de frutos e sementes, principalmente ontogenéticos, ainda são escassos no grupo, destacando-se os trabalhos de Paoli (1997), Nacif *et al.* (1996), Laskowski & Bautista (2000) e Souto & Oliveira (2005).

Segundo Corner (1976), os óvulos de Malpighiaceae são anátropos ou subcampilótropos, suspensos, bitegumentados e crassinucelados. As sementes são pequenas, de formato obcônico ou piriforme, mais ou menos exalbuminosas. O tegumento é reduzido, com tégmen fibroso e endotégmen esclerificado, sendo que uma ou ambas as características podem desaparecer na ontogênese tegumentar.

Um dos maiores gêneros da família é *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Judd *et al.* 1999), caracterizado, entre outros aspectos, por apresentar frutos esquizocárpicos, os quais formam três samarídeos presos ao tórus. Cada samarídeo exibe uma ala dorsal bem definida com o bordo adaxial espessado (Barroso *et al.* 1999).

*Diplopterys* A. Juss. até pouco tempo era considerado pequeno, abrigando apenas três espécies. Hoje, *Diplopterys sensu lato* possui 31 espécies de plantas, muito próximas filogeneticamente de *Banisteriopsis*, muitas delas anteriormente incluídas neste gênero, as quais apresentam frutos similares aos de *Banisteriopsis* ou com ausência de ala dorsal (Anderson & Davis 2006).

Considerando a escassez de trabalhos relativos à ontogênese de órgãos reprodutivos de Malpighiaceae e a elevada importância da família para a vegetação do continente americano, em especial para o bioma cerrado, o objetivo geral do trabalho é descrever a morfologia e anatomia dos frutos e sementes de *Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E. L. Little, *B. oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates, *B. stellaris* (Grisebach.) B. Gates e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W. R. Anderson & C. Cav. Davis. Mais especificamente, pretende-se comparar a estrutura dos órgãos estudados dessas espécies com outras Malpighiaceae, verificando a existência de padrões estruturais dentro da família.

## Revisão Bibliográfica

### 1. Caracterização do ambiente de coleta

Os cerrados cobrem uma área que, segundo diversos autores, chega a abranger entre 20 e 25% do território nacional (Ferri 1980, Ratter *et al.* 1997). Esse tipo de vegetação, definida por Martius como dominante da província Oréades (Ferri 1980), apresenta uma área “core” (Eiten 1972) no Planalto Central Brasileiro, estendendo-se das margens da floresta amazônica até os estados de São Paulo e Paraná (Ratter *et al.* 1997).

Os cerrados caracterizam-se pela presença de dois estratos na vegetação: um estrato arborescente, mais ou menos contínuo e aberto, formado por várias árvores baixas, de troncos e galhos retorcidos, com casca espessa, e um estrato baixo, descontínuo, constituído por gramíneas, subarbustos e poucas ervas (Rizzini 1976).

A flora dos cerrados é bastante rica e diversificada, abrigando 6.062 espécies de Fanerógamas, representando 1.093 gêneros e 151 famílias (Mendonça *et al.* 1998). Esta flora se torna mais rica nas proximidades dos cursos d’água pois, além da flora das florestas ciliares, pode ocorrer uma zona de transição entre as duas vegetações, acarretando pelo menos a duplicação do número de espécies, quando se considera também a vegetação ribeirinha (Goodland & Ferri 1979).

No estado de São Paulo, o cerrado ocorre principalmente na região centro-norte (Toledo-Filho *et al.* 1984). Originalmente, as diferentes formações de cerrado recobriam cerca de 14% do território paulista; entretanto, aerofotografias obtidas no período de 1971/1973, mostraram que, em apenas 4,36% da área do estado, ainda ocorria cobertura vegetal com fisionomia de cerrado (Serra-Filho *et al.* 1974). O ritmo intenso, veloz e desordenado de ocupação tem pressionado os ecossistemas naturais resultando, inevitavelmente, na redução da biodiversidade. Hoje resta menos de 1% (211 mil hectares) da vegetação que, um século atrás, ocupava quase um quinto do território paulista (Leitão-Filho 1992, Zorzeto *et al.* 2003).

Esta devastação drástica aconteceu porque, embora assentados em solos quimicamente pobres, os cerrados não deixaram de ser aproveitados para exploração direta da madeira para produção de energia (lenha e carvão) e para o uso agrícola ou da pecuária extensiva (Victor 1975). Até 1994, cerca de 695.000 km<sup>2</sup> de cerrado (35% de sua área original) foram transformados em paisagens antrópicas. Isto equivale à destruição de cerca de 400.000 km<sup>2</sup> da floresta amazônica brasileira, representando 12 ou 13% da área desse bioma (Ratter *et al.* 1997).

Desde o início do século passado, os cerrados vêm merecendo a atenção de pesquisadores de diferentes áreas e grande parte desses estudos encontram-se reunidos nos anais dos quatro Simpósios sobre o Cerrado, editados em 1963, 1966, 1971 e 1977. Mais recentemente, destacam-se os estudos fitossociológicos com a vegetação de cerrado, particularmente aqueles realizados no estado de São Paulo (Silberbauer-Gottsberger *et al.* 1977, Ferracini *et al.* 1983, Gibbs *et al.* 1983, Toledo-Filho *et al.* 1984, Castro *et al.* 1999).

O livro “Cerrado: ambiente e flora”, uma publicação da EMBRAPA Cerrados (Sano & Almeida 1998), traz informações importantes sobre os primeiros habitantes dos cerrados, tipo de solo, principais fitofisionomias, suas riquezas naturais e as influências e modificações que as atividades econômicas vêm exercendo sobre o ambiente. Fornece, ainda, dados sobre a fenologia, biologia reprodutiva, coleta, propagação e cultivo de diversas espécies, com informações sobre frutas nativas e seus constituintes nutricionais, mostrando, finalmente, a riqueza da flora vascular do cerrado.

Castro *et al.* (1999) ressaltaram que, contrariamente às opiniões de muitos autores, a flora dos cerrados é muito rica, diversa e pouco estudada. Muitas espécies desta formação vegetal evoluíram sob forte pressão seletiva por herbívoros, apresentam-se bem adaptadas a solos distróficos, ácidos, ricos em alumínio, e resistem a períodos de seca frequentemente prolongados. Os autores chamaram a atenção para a importância dos cerrados como recurso genético ímpar, destacando a necessidade de proteger e preservar sua diversidade genética.

Constata-se, também, que embora muitas das adaptações estruturais das plantas de cerrado sejam conhecidas, as informações ainda são limitadas a poucas espécies. Muitos dos aspectos da morfologia e anatomia da maioria dos representantes do cerrado são desconhecidos frente à riqueza e diversidade desta formação. Estudos morfológicos e anatômicos a respeito dos frutos e sementes das plantas de cerrado são ainda mais escassos, havendo referência esporádica a essas espécies em trabalhos mais amplos, como o de Lima (1989-90), bem como recentes iniciativas como as de Julio (2003), Nakamura (2003), Paiva & Oliveira (2004), Oliveira & Paiva (2005), Souto & Oliveira (2005), Barros (2006), De-Paula (2006) e Martins (2006).

## 2. Família Malpighiaceae

Malpighiaceae é uma família aproximadamente pantropical, apresentando sua maior diversidade na América do Sul (Judd *et al.* 1999). Apresenta cerca de 1.200 espécies, organizadas em 66 gêneros (Anderson 1990b), sendo referida como uma das dez mais bem representadas no bioma cerrado por Mendonça *et al.* (1998).

De acordo com Judd *et al.* (1999), são árvores, arbustos, lianas ou ocasionalmente ervas perenes. Apresentam tricomas variados, mas sempre unicelulares, normalmente ramificados em dois braços em forma de T, V ou Y. Suas folhas são usualmente opostas, simples, inteiras, ocasionalmente lobadas, com venação pinada, sempre com duas ou mais glândulas no pecíolo ou na face abaxial do limbo; estípulas normalmente estão presentes. As inflorescências são determinadas, mas sempre parecendo indeterminadas, de posição terminal ou axilar. Apresentam flores usualmente bissexuais e bilaterais. O cálice tem cinco sépalas, distintas a conatas na base; as espécies neotropicais geralmente apresentam glândulas produtoras de óleo na face abaxial das cinco sépalas ou das quatro sépalas laterais. A corola possui cinco pétalas distintas, usualmente unguiladas, e ocorrem dez estames com filetes geralmente conatos na base; os grãos de pólen são 3-5-colporados ou 4-poliporados. Usualmente ocorrem três carpelos, conatos; o ovário é súpero, com placentação axial; ocorrem estiletos distintos e estigmas variados. Encontra-se, apenas, um óvulo por lóculo e o megagametofito é 16-nucleado. Os frutos são samaróides, esquizocárpicos, drupas com três sementes ou nuculânios; o embrião é reto a curvo ou espiralado; endosperma ausente ou presente em pequena quantidade.

Malpighiaceae encontra-se entre as Malpighiales e seus maiores gêneros são *Byrsonima*, *Heteropterys*, *Banisteriopsis*, *Tetrapteryx*, *Stigmaphyllon* e *Bunchosia* (Judd *et al.* 1999).

A referência clássica para Malpighiaceae é o trabalho de Niedenzu (1928), que dividiu a família em duas subfamílias, baseadas na forma do receptáculo e na presença ou ausência de ala nos frutos. As espécies com receptáculo achatado e frutos não alados eram, em geral, árvores e arbustos e foram incluídas em Planitorae. Já as espécies com receptáculo piramidal e frutos alados foram agrupadas na subfamília Pyramidoterae, composta principalmente por lianas. Além disso, as características dos frutos aparecem sempre como aspecto importante para a delimitação dos demais táxons. O autor supracitado descreveu cinco tribos para a família, sempre utilizando características dos frutos e a ocorrência das espécies no Novo ou no Velho Mundo.

Morton (1968) modificou os nomes das subfamílias para que ficassem de acordo com o Código de Nomenclatura Botânica; para as Pyramidoterae, o autor propôs o nome Gaudichaudioideae, enquanto que para a subfamília Planitorae, aplicou-se Malpighioideae, baseando-se no gênero *Malpighia*. O autor fez apenas modificações nomenclaturais, sem incluir qualquer alteração estrutural na classificação.



Analisando a família, Anderson (1977) sugeriu a necessidade de modificação na estrutura de Malpighioideae. Para o autor, esta subfamília não é monofilética e alguns gêneros deveriam ser retirados, dentre eles *Malpighia*. Os frutos de *Malpighia* são drupáceos, parecidos externamente com os de *Byrsonima*, mas, quando analisados com atenção, notam-se características diferenciais marcantes, indicando uma origem filogenética distinta. Assim, o autor propôs o nome Byrsonimoideae para a subfamília e excluiu seis de seus gêneros (*Malpighia*, *Bunchosia*, *Dicella*, *Thryallis*, *Clonodia* e *Heladena*). A subfamília Gaudichaudioideae passou a se chamar Malpighioideae por ter recebido o gênero *Malpighia*. Apesar de ter alterado a classificação dentro de Malpighiaceae, o autor não fez qualquer menção em seu trabalho sobre as tribos que Niedenzu (1928) havia proposto, nem publicou qualquer trabalho formal sobre uma nova classificação em tribos.

A origem monofilética da família não pode ser contestada, nem adotando-se análises genéticas nem as tradicionais análises morfológicas; entretanto, a separação em duas subfamílias, baseada apenas na presença de ala nos frutos, é considerada artificial (Judd *et al.* 1999, Davis *et al.* 2001). Para a família, os caracteres de maior significado filogenético são a forma dos estiletos e estigmas, a estrutura do pólen e o número cromossômico (Anderson 1977).

Analisando a filogenia de Malpighiaceae, por meio de dados moleculares e morfológicos, Davis *et al.* (2001) afirmaram que vários táxons tradicionalmente agrupados são não monofiléticos e sugeriram uma nova classificação para a família. Estes autores também não delimitaram novas tribos ou subtribos, mas agrupam as espécies em clados monofiléticos. O trabalho rejeita a monofilia de Byrsonimoideae, indicando que os gêneros ali colocados, pertencem aos clados Byrsonimóide e Mcvaughióide. Além disso, espera-se que novos estudos filogenéticos enquadrem o grupo das Galphimióides aos clados anteriormente citados. O gênero *Banisteriopsis* está agrupado no clado das Stigmaphylóides, em que a maior parte dos representantes possui mericarpo com ala dorsal dominante e espessada ao longo da borda adaxial. Entretanto, alguns gêneros desse clado têm a ala dorsal reduzida, como ocorre em *Diplopterys*.

Outros trabalhos relevantes para a sistemática de Malpighiaceae devem ser referidos, como os de Anderson (1975, 1979a, 1979b, 1983, 1985, 1990a, 1990b), Anderson & Gates (1981), Anderson (1982), Gates (1982), Mamede (1990), Vogel (1990) e Amorim (2002).

Lombello & Forni-Martins (2003) estudaram a relação entre hábito, tipo de fruto e número básico de cromossomos de 35 gêneros de Malpighiaceae, representantes das duas

subfamílias. Os autores encontraram a predominância de número cromossômico baseado em  $X=5$  ou  $10$  na subfamília Malpighioideae, sempre relacionados às espécies de lianas com frutos alados, e  $X=6$  para Byrsonimoideae, relacionado a espécies com outros hábitos e frutos sem ala. Considerando a origem monofilética da família, os autores admitiram a hipótese da derivação do hábito e tipo de fruto estar diretamente relacionada ao número cromossômico nas Malpighiaceae.

Alguns trabalhos têm sido feitos sobre a fenologia e sistema de polinização da família, principalmente relacionados com as abelhas polinizadoras dessas espécies (Barros 1992, Teixeira & Machado 2000, Sigrist & Sazima 2004). A relação entre as abelhas e as flores de Malpighiaceae é muito importante, já que apenas as espécies do Novo Mundo apresentam glândulas de óleo e isso pode significar uma co-evolução com as espécies de abelhas coletoras de óleo do Novo Mundo (Anderson 1990b).

Estudos anatômicos são bem escassos para a família. Dentre os que se referem aos órgãos vegetativos, podem-se citar Ferreira (1981), que avaliou a anatomia foliar de *Peixotoa hispidula* Juss., e Beiguelman (1962), que analisou a anatomia dos estômatos de *Byrsonima coccolobifolia* Kth., relacionando com a de *Annona coriacea* Mart., *Erythroxylum suberosum* St. Hil. e *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl.

As glândulas calicinais de óleo também foram estudadas, especialmente relacionando-as com as glândulas extraflorais. Em *Galphimia brasiliensis* (L.) Adr. Juss., as duas glândulas são semelhantes em forma e em secreção, que é de natureza lipídica e acumula-se no espaço subcuticular (Castro *et al.* 2001). Já em *Hiptage sericea* Hook., as glândulas peciolares são semelhantes em forma às calicinais, mas a secreção, embora também se acumule no espaço subcuticular, é rica em açúcares e aminoácidos (Subramanian *et al.* 1990).

Laskowsky & Bautista (1999) estudaram a anatomia floral de *Malpighia emarginata* DC. e observaram que as sépalas e pétalas são caracterizadas principalmente pela presença de estômatos paracíticos e tricomas malpighiáceos, que as glândulas do cálice têm células epidérmicas em paliçada e os estames são conatos basalmente. Os pistilos apresentam drusas no parênquima e o estigma é do tipo comisural de epiderme glandular; o ovário é tricarpelar, com abundância de tecido esclerenquimático, abrigando óvulos anátropos e bitegmentados. Os autores destacaram a presença de um meristema ventral que se diferencia desde o botão floral e que produz a diferenciação do tecido esclerenquimático típico dos frutos dessa espécie.

*Janusia guaranítica* (St. Hil.) Juss. apresenta flores casmógamas e cleistógamas, que foram analisadas em sua morfologia e vascularização por Lorenzo (1981), que ainda observou o desenvolvimento do óvulo, megasporogênese e megagametogênese. Os dois tipos florais possuem diversas diferenças entre si, como o número de carpelos, três e dois respectivamente. Segundo o autor, as flores de *J. guaranítica* possuem um megasporângio por lóculo, anátropo e unitegumentado. Não foi observada fertilização das flores cleistógamas. O endosperma é nuclear e completamente consumido durante a formação do embrião, portanto a semente torna-se exalbuminosa. Os frutos são sâmaras, originadas normalmente das flores casmógamas.

O desenvolvimento do megagametofito e a embriologia de *Hiptage madablota* Gaertn., *Banisteria laurifolia* L. e *Stigmaphyllon aristatum* L. foram estudados por Subba Rao (1939). Essas espécies apresentaram arquespório múltiplo e o tecido nucelar maciço, que se projeta através do tegumento interno. O núcleo da célula-mãe do megasporo apresenta, inicialmente, duas divisões e quatro núcleos livres são formados, estes arranjados em cruz. Nessas espécies, não foram encontradas tétrades lineares de megasporos. Cada núcleo de megasporo divide-se duas vezes, formando quatro núcleos cada; um núcleo de cada grupo migra para o centro do megagametofito, constituindo os núcleos secundários. A organização da oosfera e das sinérgides não está bem demarcada nessas plantas e a fertilização é ausente. Apenas *H. madablota* apresenta poliembrionia, sendo o saco embrionário das outras duas espécies degradados.

*Malpighia fucata* Ker-Gawl. também possui arquespório multicelular, apresentando dois tipos de gametofito: um tetrapolarizado do tipo *Penaea*, com 16 núcleos, e o outro também tetraspórico, mas bipolarizado (Cortini 1958).

Embora as flores de Malpighiaceae sejam bastante homogêneas, seus frutos destacam-se pela diversidade estrutural (Anderson 1979a), ocorrendo frutos secos e carnosos, deiscentes e indeiscentes. Apesar da relevância dos frutos para a taxonomia da família, estudos focando a morfologia e anatomia dos frutos e sementes do grupo são raros, limitados a plantas de interesse comercial e poucas espécies silvestres.

Corner (1976) generalizou que os óvulos de Malpighiaceae são únicos em cada lóculo, anátropos ou subcampilótropos, suspensos, bitegumentados e crassinucelados, e suas sementes são pequenas, com cerca de 3 a 6 mm de comprimento, de formato obcônico ou piriforme, mais ou menos exalbuminosas. Poucas sementes de Malpighiaceae foram estudadas em detalhe, mostrando a importância de novos investimentos nessa área. As poucas sementes estudadas apresentaram um padrão de tegumento bastante reduzido, porém com

tégmen fibroso ou endotégmen esclerificado. Corner (1976) destacou que uma ou ambas características podem desaparecer na ontogênese tegumentar.

O óvulo de *Malpighia glabra* L., descrito por Nacif *et al.* (1996), é subcampilótropo e bitegumentado, sendo que apenas um ou dois óvulos dos três existentes no ovário desenvolvem sementes. A semente madura é exalbuminosa e a testa não se especializa, podendo-se romper e expor o embrião, que preenche totalmente a cavidade seminal. Os cotilédones são foliáceos, ricos em proteínas e lipídeos, a plúmula é indiferenciada, com eixo hipocótilo-radícula curto.

O fruto de *Lophantera lactescens* Ducke, estudado por Paoli (1997), é derivado de um ovário súpero, tricarpelar e trilocular que se torna esquizocárpico na maturidade, formado por três cocas. O exocarpo é formado por epiderme uniestratificada e cuticularizada; o mesocarpo é parenquimático, constituído por cerca de dez camadas de células, apresentando drusas e laticíferos; a camada mais interna do mesocarpo é cristalífera; o endocarpo constitui-se de esclereídes e fibras de paredes espessadas. Os óvulos anátropos, bitegumentados e crassinucelados, desenvolvendo sementes exalbuminosas e bitegumentadas, com testa unisseriada e tégmen diferenciado em exo, meso e endotégmen; os cotilédones são mucilaginosos.

Laskowski & Bautista (2000) analisaram a anatomia do fruto de *Malpighia emarginata* DC. e encontraram um fruto drupóide, proveniente de um ovário tricarpelar e trilocular, com uma semente por lóculo. O fruto é constituído por exocarpo unisseriado formado por células pequenas, o mesocarpo formado por uma região externa parenquimática e interna esclerenquimática, além do endocarpo esclerenquimático.

*Byrsonima intermedia* A. Juss. tem ovário súpero, tricarpelar e trilocular, com um óvulo por lóculo, e diferencia-se em um fruto tipo drupóide, carnoso, com pirênio lenhoso formando três lóculos; o exocarpo é unisseriado, o mesocarpo externo é parenquimático, ocorrendo esclereídes dispersas na região apical do fruto; no mesocarpo interno ocorrem várias camadas de esclereídes alongadas em diversos sentidos; o endocarpo é multisseriado, com diversas camadas de esclereídes alongadas longitudinalmente. Os óvulos são subcampilótropos, bitegumentados, com nucelo projetado através da micrópila; hipóstase e epístase são observadas. A semente apresenta tegumentos e endosperma reduzidos. O embrião tem eixo hipocótilo-radícula contínuo, com dois cotilédones enrolados em espiral (Souto & Oliveira 2005).

### 3. O gênero *Banisteriopsis*

*Banisteriopsis* C. B. Rob. pertence à tribo Banisterieae de Malpighioideae, e é um dos maiores gêneros da família, com 92 espécies de acordo com Judd *et al.* (1999).

O gênero é caracterizado por apresentar fruto de três sâmaras, cada uma com ala dorsal bem desenvolvida e com espessamento marginal, estípulas interpeciolares diminutas, pedicelos usualmente sésseis, dez estames férteis e três estiletes com estigmas terminais (Gates 1982). Os frutos são classificados por Barroso *et al.* (1999) como samarídeos.

*Banisteriopsis* tem distribuição restrita ao Novo Mundo. Ocorrem algumas espécies no subtropical no México, Paraguai e Argentina, entretanto a maior diversidade de espécies encontra-se nos trópicos, sendo dois terços das espécies exclusivas do Brasil, especialmente dos cerrados do Planalto Central brasileiro (Gates 1982).

Gates (1982) dividiu o gênero em três subgêneros: *Banisteriopsis*, *Hemiramma* e *Pleiopterys*, sendo este último dividido em duas seções (*Sciurostylis* e *Anisopterys*). O autor baseou-se em características vegetativas e reprodutivas, incluindo as do gineceu, do núcleo seminífero e de apêndices basais na ala do fruto.

O subgênero *Banisteriopsis* apresenta espécies de porte arbustivo ou trepador, inflorescência do tipo paniculada, cálice glandular, flores amarelas, conectivo aglandular e núcleo seminífero esférico com superfície lisa ou com uma alélula em cada lado.

No subgênero *Hemiramma*, incluem-se lianas, arbustos e árvores com inflorescência do tipo cimo ou dicásio de umbelas formadas de quatro flores. O conectivo é glandular ou aglandular e o núcleo seminífero lateralmente comprimido e de superfície lisa a rugosa, tuberculada ou alelulado.

As espécies reunidas no subgênero *Pleiopterys* normalmente são lianas, raramente subarbustos, as inflorescências são do tipo racemo ou umbelas de quatro flores, o conectivo pode ser glandular ou não e o núcleo seminífero é esférico, com superfície alelulada ou cristada, raramente lisa.

Uma recente análise filogenética feita por Anderson & Davis (2006) detectou que o gênero *Banisteriopsis* não era monofilético e que estava intimamente intricado com *Diplopterys*. Como os autores verificaram que as espécies do subgênero *Pleiopterys* estavam relacionadas e entremeadas com as de *Diplopterys*, optaram por retirar o subgênero de *Banisteriopsis*, incluindo-o em *Diplopterys*. Esta medida tornou os dois gêneros, *Banisteriopsis* e *Diplopterys*, monofiléticos.

#### 4. O gênero *Diplopterys*

*Diplopterys* A. Juss., no senso expandido, compreende 31 espécies dos neotrópicos. Sua maior diversificação ocorre na América do Sul, mas também podem-se encontrar espécies no México, Costa Rica, Panamá e Trinidad (Anderson & Davis 2006). São lianas ou subarbustos e apresentam folhas opostas; o pecíolo é aglandular ou suporta duas (raramente quatro) glândulas na metade distal; as estípulas interpeciolares são distintas, pequenas a diminutas. As plantas formam inflorescências axilares ou ocasionalmente terminais, de umbelas com quatro a seis flores isoladas ou reunidas em cimos ou racimos; ocorrem brácteas e bractéolas aglandulares, persistentes e sésseis. Todas as sépalas são aglandulares ou com quatro pares de glândulas nas laterais, com a anterior aglandular. Suas pétalas são amarelas e glabras, ou pilosas na fase abaxial. O androceu apresenta dez estames, todos férteis, e o conectivo tem células projetadas convexamente ou papilares. O gineceu é tricarpelar, com carpelos distintos no ovário; observam-se três estiletos distintos e estigmas terminais. Os frutos são secos, esquizocárpicos, com três mericarpos sobre um tórus piramidal; os frutos podem ser nozes de mericarpos lisos, rugosos ou apresentando alélulas e, na maioria das espécies, apresentando uma ala dorsal bem desenvolvida e espessada na margem adaxial; a ala dorsal é reduzida em quatro espécies e o lóculo do mericarpo é glabro; o carpóforo pode estar presente ou ausente (Gates 1982, Anderson & Davis 2006).

#### 5. Caracterização das espécies em estudo

*Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E.L.

Little pertence ao subgênero *Hemiramma* e é um arbusto com xilopódio lenhoso (Gates 1982), que apresenta ramos flexuosos escuros e de pilosidade clara (Durigan *et al.* 2004). Suas flores são róseas, dispostas em panículas terminais ou axilares, pêndulas. Barroso *et al.* (1999) indicaram que o indumento do fruto dessa espécie (como também o de *B. stellaris*) pode ser um tomentelo de pêlos curtos, albo-seríceos ou fulvos. *Banisteriopsis campestris* ocorre em fisionomias campestres de cerrado, em cerrado típico e em cerradão, nesse caso geralmente nas bordas ou em áreas perturbadas (Durigan *et al.* 2004). Floresce o ano todo, sendo encontrados frutos nos meses de janeiro a maio e de agosto a novembro (Gates 1982).



Fonte: Durigan *et al.* (2004)

*Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates é uma espécie do subgênero *Hemiramma*, conhecida popularmente como marmelinha-da-flor-branca (Gates 1982), é um arbusto rastejante a volúvel (Durigan *et al.* 2004). Apresenta folhas opostas, raramente com três ou quatro por nó nos ramos trepadores (Gates 1982).



Fonte: Durigan *et al.* (2004)

Possui flores alvas, mais tarde róseas, dispostas em umbelas axilares ou terminais com quatro flores. Ocorre em fisionomias campestres de cerrado (Durigan *et al.* 2004) e floresce de dezembro a outubro, frutificando de janeiro a outubro (Gates 1982).

Conhecida popularmente como cipó-folha-de-prata ou cipó-prata, *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates também está alocada no subgênero *Hemiramma*. É uma liana com ramos jovens e a face abaxial das folhas densamente pilosos, apresentando uma coloração branca ou prateada. Forma inflorescências de quatro flores umbeladas reunidas em cimos. A floração ocorre de novembro a junho e a frutificação de março a julho (Gates 1982).



*Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C. Cav. Davis é sinônimo de *Banisteriopsis pubipetala* (A. Juss.) Cuatrec. e estava inclusa no subgênero *Pleiopterys*, seção *Anisopterys* (Gates 1982). A partir do trabalho de Anderson & Davis (2006), foi incluída em *Diplopterys*. É uma planta trepadeira lenhosa ou arbusto escandente, com ramos finos, glabros ou glabrescentes. Suas flores são amarelas, dispostas em panículas amplas e terminais.





Fotos gentilmente cedidas por Clívia C. F. Possobom e Elza Guimarães

A espécie ocorre em cerrado típico e em cerradão (Durigan *et al.* 2004). Segundo Barroso *et al.* (1999), essa espécie apresenta formação de alélulas sobre o núcleo seminífero do samarídeo. Suas flores e frutos são encontrados em todas as épocas do ano (Gates 1982).



## **CAPÍTULO I**

**Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de *Banisteriopsis* C.B. Robinson e *Diplopterys*  
A. Juss. (Malpighiaceae)<sup>1</sup>**

LETÍCIA SILVA SOUTO<sup>2</sup> e DENISE MARIA TROMBERT OLIVEIRA<sup>3,4</sup>

Título resumido: Fruto de *Banisteriopsis* e *Diplopterys*

- 
1. Parte da dissertação de mestrado da primeira autora, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.
  2. UNESP – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.
  3. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Caixa Postal 486, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.
  4. Autor para correspondência: [dmtoliveira@icb.ufmg.br](mailto:dmtoliveira@icb.ufmg.br)

**RESUMO** – (Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de *Banisteriopsis* C.B. Robinson e *Diplopterys* A. Juss. (Malpighiaceae)). *Banisteriopsis* e *Diplopterys* são Malpighiaceae neotropicais, com grande diversidade no Brasil, especialmente no cerrado. Recentes estudos moleculares indicaram que algumas espécies de *Banisteriopsis* são mais apropriadamente enquadradas em *Diplopterys*, ampliando o número de espécies deste gênero. Devido à escassez de trabalhos com anatomia de órgãos reprodutivos de Malpighiaceae do cerrado, este trabalho objetiva descrever a morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de *B. campestris*, *B. oxyclada*, *B. stellaris* e *D. pubipetala* (sinônimo de *B. pubipetala*), comparando-os entre si e com outras espécies da família. Verificou-se que os frutos das *Banisteriopsis* estudadas apresentam estrutura muito similar entre si, enquanto que *D. pubipetala* mostra peculiaridades. O fruto é esquizocárpico e formado por três samarídeos com ala dorsal; *D. pubipetala* apresenta também alélulas sobre o núcleo seminífero. O exocarpo é unisseriado, apresentando estômatos e tricomas tectores. Nas *Banisteriopsis*, o mesocarpo externo forma camadas de células volumosas, justapostas e fenólicas; o mesocarpo médio é parenquimático, com drusas, idioblastos fenólicos e alguns conjuntos de células alongadas e espessadas; o mesocarpo interno é composto por células alongadas tangencialmente e espessadas; o endocarpo tem células alongadas longitudinalmente e lignificadas. Em *D. pubipetala*, o mesocarpo externo forma células justapostas e volumosas; o mesocarpo médio é composto por uma faixa contínua de células alongadas e espessadas; o mesocarpo interno possui duas a três camadas de células de paredes delgadas e conteúdo fenólico; o endocarpo prolifera muito, formando um aerênquima. Nas alas, prevalece o aerênquima. As características encontradas corroboram a segregação de *D. pubipetala* do gênero *Banisteriopsis*.

Palavras-chave – anatomia, *Banisteriopsis*, *Diplopterys*, morfologia, ontogênese, pericarpo

### Introdução

*Banisteriopsis* e *Diplopterys* são gêneros muito próximos pertencentes a Malpighiaceae (Gates 1982, Davis *et al.* 2001, Anderson & Davis 2006), família que apresenta cerca de 66 gêneros e 1.200 espécies (Anderson 1990). Ambos os gêneros têm distribuição principalmente na América do Sul, sendo encontrados alguns representantes na América do Norte e Central, destacando-se a ocorrência de muitas espécies no Planalto Central brasileiro, em especial no bioma cerrado (Gates 1982).

Apresentando apenas quatro espécies, *Diplopterys* foi descrito por Gates (1982) como um gênero pequeno, que diferia de *Banisteriopsis* pelo tipo de fruto. Os frutos são

esquizocárpicos, compostos por três samarídeos com ala dorsal bem desenvolvida em *Banisteriopsis* e por três nozes onde a ala dorsal é extremamente reduzida e ocorrem muitas alélulas ou cristas laterais em *Diplopterys*.

Em recente estudo molecular e filogenético, Anderson & Davis (2006) concluíram que *Banisteriopsis* não era um grupo monofilético e que o subgênero *Pleiopterys* abrigava espécies mais apropriadamente incluídas em *Diplopterys*. Assim, os autores ampliaram *Diplopterys* com o acréscimo das espécies pertencentes ao subgênero *Pleiopterys*, retidas de *Banisteriopsis*, tornando os dois gêneros monofiléticos.

De acordo com Anderson (1979), a morfologia das flores de Malpighiaceae é bastante homogênea, mas seus frutos apresentam uma diversidade extrema; na família podem ser encontrados frutos carnosos ou secos, deiscentes ou indeiscentes (Barroso *et al.* 1999). Por essa razão, as características dos frutos sempre foram utilizadas para a delimitação dos táxons dentro da família, como para a definição de tribos e gêneros. Apesar disso, estudos detalhados com morfologia e anatomia de frutos e sementes, principalmente os de ênfase ontogenética, são muito escassos no grupo.

Mesmo com o uso de análises moleculares, alguns grupos das Malpighiaceae continuam com a filogenia obscura, de modo que avaliações detalhadas da morfologia e do desenvolvimento dos frutos podem se mostrar muito úteis para ajudar a esclarecer a evolução dos táxons da família (Davis *et al.* 2001).

Com base nesses pressupostos e na carência de estudos ontogenéticos dos frutos de Malpighiaceae, especialmente do bioma cerrado, os objetivos do presente trabalho são descrever a morfologia, anatomia e a ontogênese do pericarpo de *Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E. L. Little, *B. oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates, *B. stellaris* (Grisebach.) B. Gates e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W. R. Anderson & C. Cav. Davis; verificar a existência de caracteres estruturais do fruto que corroborem o recente enquadramento de *D. pubipetala* no gênero *Diplopterys*; e finalmente comparar a estrutura e desenvolvimento do pericarpo dessas espécies com outras Malpighiaceae já registradas na literatura, verificando a existência de padrões estruturais na família.

### **Material e Métodos**

Para a realização do trabalho, selecionaram-se as espécies *Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E.L. Little, *B. oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates, *B. stellaris* (Grisebach.) B. Gates e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (Malpighiaceae), as quais foram coletadas em remanescentes de cerrado nos seguintes locais:

km 3 da Rodovia Hipólito Martins (Castelinho), no município de Botucatu, SP (23°02'51''S e 48°31'18''W); estrada da Mina, município de Botucatu, SP (22°42'38''S e 48°18'35''W); áreas residuais de cerrado do município de Botucatu, SP (22°51'22''S e 48°29'29''W; 23°03'28''S e 48°15'51''W). Ramos férteis foram herborizados, identificados por especialista e registrados no Herbário "Irina D. Gemtchujnicov" (BOTU), respectivamente sob os números 25.304, 24.292, 24.289 e 24.291.

As características morfológicas dos frutos foram descritas e ilustradas a partir de amostra de 50 unidades coletadas aleatoriamente de, no mínimo, cinco indivíduos. A nomenclatura utilizada para descrever os frutos foi baseada em Roth (1977) e Barroso *et al.* (1999). A medida do ângulo de inserção das alas no núcleo seminífero foi obtida de samarídeos ainda presos ao tórus. Os frutos foram fotografados com máquina digital Olympus, sendo as fotos impressas e os ângulos medidos com auxílio de transferidor.

Para o estudo anatômico, amostras de ovários e frutos, nas várias fases do desenvolvimento, foram fixadas em FAA 50 (Johansen 1940), sendo armazenadas em etanol 70%.

Para o laminário permanente, as amostras foram desidratadas em série etílica, infiltradas em metacrilato Leica® segundo o protocolo do fabricante, seccionadas em micrótomo rotatório, coradas com azul de toluidina 0,05%, pH 4,7 (O'Brien *et al.* 1964) e montadas em resina sintética. Os núcleos seminíferos dos frutos maduros foram fervidos por uma hora em água e glicerina (1:1), antes de serem submetidos à desidratação.

O laminário semipermanente foi confeccionado a partir de cortes obtidos a mão livre ou em micrótomo de Ranvier, clarificados com hipoclorito de sódio a 20% da solução comercial e corados com safranina e azul de astra em solução aquosa (Bukatsch 1972), sendo montados em gelatina glicerinada (Dop & Gautié 1928).

Para os testes histoquímicos, foram utilizadas secções a mão livre de material fresco ou fixado, submetidas aos seguintes corantes e/ou reagentes: vermelho de rutênio, para identificar polissacarídeos diversos e pectinas (Jensen 1962); floroglucinol acrescido de ácido clorídrico, para evidenciar paredes lignificadas (Sass 1951); Sudan IV, para a localização de substâncias lipídicas; lugol, para a detecção de amido; cloreto férrico, acrescido de carbonato de sódio, para verificar a ocorrência de compostos fenólicos (Johansen 1940).

O material foi analisado em microscópio fotônico. Os resultados foram registrados por meio de fotografias obtidas com máquina Canon acrescida de macro e fotomicrografias preparadas em fotomicroscópio Olympus com câmara digital Olympus acoplada; diagramas e desenhos em detalhe foram confeccionados com auxílio de câmara clara acoplada a

microscópio fotônico ou a estereomicroscópio e todas as escalas foram produzidas de modo convencional.

### Resultados

Ovário de botão floral – O ovário das quatro espécies estudadas é tricarpelar, trilocular, com um óvulo por lóculo. Cada carpelo tem a face dorsal livre e projetada, dando um aspecto triangular à secção transversal do ovário. Seu contorno é regular nas três espécies de *Banisteriopsis* e irregular em *Diplopterys pubipetala* (figuras de 1-4). A partir da base, os carpelos são adnatos ao tórus (figuras 7-8, 10-11), tornando-se livres no ápice.

A epiderme externa é unisseriada, formada por células pequenas, cubóides, de parede delgada, citoplasma denso, núcleo volumoso e bem visível (figuras 9, 12). São observados muitos tricomas tectores, alguns em diferenciação e outros já diferenciados. Podem ser identificados dois tipos de tricomas: o primeiro é unicelular e ramificado em formato de “T” (figura 5); o segundo é formado por pedúnculo multicelular e multisseriado, com uma única célula apical, ramificada e de parede espessada (figura 6), esta semelhante ao primeiro tricoma descrito.

O mesofilo ovariano é formado por camadas de células mais isodiamétricas, de tamanhos variáveis (figura 9), menores e mais densas na região dorsal (figura 12). Como se observam mitoses em planos variáveis em todo o mesofilo, o número de camadas é muito variável, ocorrendo de seis a dez. Nas três espécies de *Banisteriopsis*, a camada subepidérmica apresenta impregnação de compostos fenólicos, que mascaram o conteúdo celular, exceto na região dorsal e do tórus (figuras 7-8); tais células não se distinguem em *D. pubipetala* (figuras 10-11).

Nas três espécies de *Banisteriopsis*, a vascularização restringe-se a três feixes ventrais irrigando o ovário na região basal, os quais se separam formando seis feixes em direção ao ápice do ovário (figuras 1-3, 7-8). Em *D. pubipetala*, ocorrem seis feixes ventrais na base do ovário (figura 10), os quais concrestem formando apenas três feixes mais ao ápice do órgão (figura 11). Além desses feixes ventrais, encontram-se diferenciados, nas quatro espécies, dois feixes laterais para cada carpelo, dispostos em região próxima aos ventrais (figuras 1-4). Os feixes são anficrivais, sendo os ventrais maiores e mais desenvolvidos que os feixes laterais.

A epiderme interna é inicialmente unisseriada, mas já nesse estágio são observadas divisões celulares periclinais, formando duas camadas de células (figura 13).

O tórus constitui o septo e é parenquimático, composto por células volumosas e vacuolizadas (figura 15). Numerosos idioblastos fenólicos (figuras 7-8) e cristais do tipo drusa (figura 15) ocorrem, imersos nessa região.

Ovário da flor em antese – A epiderme externa mostra-se muito semelhante à encontrada no botão floral. Nota-se, ainda, a intensa formação dos tricomas tectores e o espessamento da parede da célula distal (figuras 16-18); as paredes desenvolvem aspecto verrucoso. Na região de fusão entre os carpelos, as células epidérmicas acumulam compostos fenólicos, exceto em *D. pubipetala*. Estômatos em formação podem ser observados.

O mesofilo ovariano é a região onde se observam as maiores modificações durante o desenvolvimento. No mesofilo externo das espécies de *Banisteriopsis*, ocorrem de uma a duas camadas subepidérmicas de células com conteúdo fenólico, interrompidas apenas na região dorsal de cada carpelo; internamente, observam-se várias camadas de células vacuolizadas, de parede delgada e núcleo evidente, acompanhadas por numerosos idioblastos cristalíferos contendo drusas (figura 16). O mesofilo médio apresenta conjuntos de células que permanecem com aspecto meristemático, com citoplasma muito denso, mostrando apenas um início de alongamento (figura 16); entre essas células, numerosos idioblastos fenólicos podem ser verificados. Compondo o mesofilo interno, são observadas camadas adjacentes à epiderme interna, compostas por células que começam a se alongar horizontalmente (figuras 16, 19); em *B. campestris* e *B. oxyclada* (figuras 16, 20), notam-se de uma a três camadas e, em *B. stellaris* (figuras 19, 21), até duas camadas; na região ventral, o número de camadas pode chegar a cinco nas três espécies. Em *D. pubipetala*, o mesofilo é parenquimático, com células vacuolizadas, de parede delgada e núcleo evidente; na região mediana do mesofilo, ao invés de conjuntos, ocorre uma faixa de células mais compactas e densas, com núcleo volumoso ocupando grande parte do lúmen (figura 17).

Como resultado das divisões periclinais da epiderme interna, formam-se cerca de duas camadas em toda a região lateral e dorsal (figura 20); na região ventral, ocorre maior número de divisões, formando até três camadas em *B. campestris* e seis em *B. stellaris* (figura 21) e *B. oxyclada* (figura 22), alongadas horizontalmente, as quais acumulam compostos fenólicos nos dois terços apicais do ovário. Em *Diplopterys pubipetala*, observam-se muitas divisões periclinais formando várias camadas com aspecto empilhado, com células de conteúdo fenólico distribuídas regularmente (figura 23).

A região dorsal de cada carpelo apresenta um acúmulo de células meristemáticas que formam uma projeção na parede ovariana (figura 23). Em *D. pubipetala*, também se

observam esses acúmulos nas laterais dos carpelos, em número variável, formando várias projeções.

O tórus permanece parenquimático, ocorrendo divisões celulares em diferentes planos. Idioblastos fenólicos e drusas são observados em todo o tórus.

Fruto jovem – Durante o desenvolvimento, destaca-se o crescimento da porção livre dos carpelos, que desenvolve os mericarpos ainda adnatos ao tórus (figura 24).

O exocarpo não sofre muitas alterações, permanecendo unisseriado (figuras 25, 28), apresentando estômatos (figura 25) e ainda produzindo os tricomas tectores, que são impregnados por lignina ou compostos fenólicos. As células tornam-se vacuolizadas e, em algumas delas, verifica-se também conteúdo fenólico.

Nas espécies de *Banisteriopsis*, como já observado no mesofilo ovariano, podem ser reconhecidas três regiões. O mesocarpo externo é formado por até quatro camadas celulares em algumas regiões, com células volumosas, justapostas e fenólicas (figura 25). O mesocarpo médio é mais amplo e também parenquimático (figuras 25-26), com numerosos cristais do tipo drusa e idioblastos fenólicos; imersos nesse parênquima, os conjuntos de células meristemáticas começam a se diferenciar, alongando-se em sentidos variáveis e espessando a parede celular, entre os quais também se observam muitos idioblastos fenólicos (figuras 25-26). O mesocarpo interno é composto por um número variável de camadas de células, que se alongam tangencialmente (figura 26) e também começam a espessar a parede celular.

Em *D. pubipetala*, o mesocarpo distingue-se do das três espécies de *Banisteriopsis*, embora também possa ser dividido em três regiões (figura 27). O mesocarpo externo é formado por células justapostas e volumosas (figura 28), entre as quais podem ser observados alguns idioblastos fenólicos e poucos cristais do tipo drusa. O mesocarpo médio é composto por uma faixa contínua de células alongadas em planos variáveis, prevalecendo o transversal, as quais se encontram em processo de espessamento parietal (figura 28). O mesocarpo interno é composto por duas a três camadas de células de formato irregular, vacuolizadas e de parede delgada e conteúdo fenólico (figura 29).

Feixes vasculares laterais de pequeno calibre e pouco conspícuos desenvolvem-se entre o mesocarpo externo e médio (figura 25) das quatro espécies.

Nas espécies de *Banisteriopsis*, o endocarpo apresenta células alongadas longitudinalmente, de parede espessa, citoplasma vacuolizado e núcleo pouco visível (figura 26). Em *B. campestris*, ele forma cerca de três camadas celulares, em *B. oxyclada*, apresenta de duas a seis camadas e em *B. stellaris* de duas a quatro camadas celulares.



Em *D. pubipetala*, o endocarpo prolifera intensamente (figura 27), formando muitas camadas celulares; a princípio, essas células são justapostas, mas, durante o desenvolvimento, tornam-se braciiformes, formando grandes espaços intercelulares, algumas vezes acumulando compostos fenólicos (figuras, 29-30).

A projeção na região do feixe dorsal aumenta muito em tamanho e produz a ala dorsal dessas espécies (figura 31). Em *D. pubipetala*, também se formam projeções acessórias laterais, constituindo alélulas com estrutura similar à da ala dorsal, embora com tamanho reduzido (figura 32).

A ala inicialmente apresenta aspecto meristemático (figuras 31, 33) e possui exocarpo unisseriado, composto por células bem justapostas, de parede celular delgada e conteúdo denso. O mesocarpo é composto nessa fase por um maciço de células de paredes delgadas e citoplasma denso, na região mais interna do mesocarpo pode-se notar o início da formação de espaços intercelulares. Imersos nessa região muitos cordões procambiais são visíveis (figura 33).

O tórus permanece com o mesmo aspecto das fases anteriores, embora cresça muito em volume, inicialmente por divisões celulares em planos variados e, posteriormente, por vacuolização das células (figura 34). No limite entre o tórus e o pericarpo de cada mericarpo, encontram-se cerca de duas camadas de células pequenas, de aspecto achatado e parede delgada, que constitui o tecido de abscisão dos samarídeos (figura 35). Em algumas regiões não há esse tecido e a separação ocorre entre as células parenquimáticas do tórus e as células espessas e lignificadas do mericarpo.

Fruto maduro – o fruto é esquizocárpico, formado por três samarídeos presos ao tórus, de coloração avermelhada próximo à maturidade, tornando-se marrom com a desidratação. Cada samarídeo apresenta uma ala dorsal, pequenas saliências irregulares laterais ao núcleo seminífero e estilete persistente; *D. pubipetala* apresenta também projeções alares acessórias (alélulas) no núcleo seminífero (figuras 36-39). O ângulo de inclinação entre a ala do samarídeo e o tórus é de, aproximadamente, 55° em *B. campestris* (figura 36), 30° em *B. oxyclada* (figura 37), 15° em *B. stellaris* (figura 38) e 65° em *D. pubipetala* (figura 39).

No núcleo seminífero, o exocarpo mantém-se unisseriado, formado por células pequenas, de formato variável (figura 42), com parede periclinal externa revestida por cutícula delgada; estômatos são observados e algumas células podem apresentar conteúdo fenólico. Os tricomas tectores unicelulares e pluricelulares, em formato de “T”, com parede verrucosa ainda são observados (figura 44); em *B. oxyclada* também ocorrem tricomas sem

ornamentação de parede. Os tricomas são abundantes nos frutos de todas as espécies, com exceção de *D. pubipetala*, que apresenta poucos tricomas, tornando sua aparência glabra. Quando os frutos estão aptos à dispersão, o exocarpo na região do núcleo seminífero torna-se colapsado.

O mesocarpo externo colapsa na maturidade (figura 40-41, 43); o mesocarpo médio é formado células parenquimáticas, algumas delas com compostos fenólicos, colapsadas na maturidade (figura 40); imersos nessa região, observam-se os blocos de células espessadas tornam-se lignificados, com células de tamanhos e formatos diversos, alongadas em planos variáveis (figura 40). Essas células constituem fibras gelatinosas, são vivas e apresentam impregnação de compostos pécticos nas camadas mais internas das paredes, os quais são reabsorvidos à medida que o pericarpo desidrata. Em *B. campestris*, as células parenquimáticas também se lignificam, tornando o mesocarpo médio uma camada contínua de células lignificadas. O mesocarpo médio de *D. pubipetala* é formado por um maciço de células lignificadas e alongadas em sentidos variáveis (figura 43), mas predominantemente transversal, sendo encontradas drusas em algumas delas. O mesocarpo interno das espécies de *Banisteriopsis* é composto por células lignificadas e alongadas no sentido tangencial; em *D. pubipetala*, as células são parenquimáticas e encontram-se totalmente comprimidas na maturidade. A vascularização torna-se inconspícua, sendo nítidos apenas os feixes ventrais no tórus e alguns feixes laterais de pequeno calibre, que ficam imersos nas fibras do núcleo seminífero.

O endocarpo multisseriado das espécies de *Banisteriopsis* é formado por células alongadas longitudinalmente e também de parede espessada e lignificada. Em *D. pubipetala*, o endocarpo é formado pelo aerênquima, que também se apresenta comprimido na maturidade do fruto.

A ala é delimitada pelo exocarpo unisseriado, formado por células pequenas, de formatos variáveis (figura 45), com estômatos e muitos tricomas tectores, exceto em *D. pubipetala*, em que a quantidade de tricomas é reduzida. Nas quatro espécies analisadas, o mesocarpo externo forma uma camada subepidérmica unisseriada a bisseriada, composta por células volumosas. O mesocarpo médio forma um aerênquima, composto por células braciiformes e muitos espaços intercelulares. Muitos feixes vasculares podem ser vistos imersos nessa região, constituindo duas fileiras imersas perifericamente ao mesocarpo médio. São feixes colaterais de pequeno tamanho, acompanhados por ampla bainha de fibras, especialmente voltadas para a região mediana da ala, onde se encontra o aerênquima (figuras

45-46). As alélulas de *D. pubipetala* apresentam estrutura similar à da ala dorsal, embora de dimensões muito reduzidas.

O tórus não se modifica na maturidade, sendo parenquimático e apresentando muitos idioblastos fenólicos e drusas.

### Discussão

A estrutura e o desenvolvimento do pericarpo das espécies de *Banisteriopsis* são muito homogêneos. Entre as poucas características distintivas entre as espécies, pode-se destacar a ocorrência de células parenquimáticas lignificadas no pericarpo maduro de *B. campestris*, as quais, nas demais espécies, não se lignificam e colapsam na maturidade. A pequena variação estrutural entre essas espécies realça sua origem monofilética, já indicada por Anderson & Davis (2006) com base em dados moleculares. Já o pericarpo de *D. pubipetala* mostrou marcantes peculiaridades, tanto na estrutura madura quanto durante o seu desenvolvimento.

Os dois gêneros estudados são considerados próximos filogeneticamente por diversos autores (Gates 1982, Davis *et al.* 2001, Anderson & Davis 2006). *Diplopterys pubipetala* é sinônimo de *B. pubipetala* e esteve enquadrada neste último gênero até a publicação do trabalho de Anderson & Davis (2006). Os autores retiraram *D. pubipetala* e outras 24 espécies de *Banisteriopsis*, a partir da análise filogenética baseada em dados moleculares, que indicou que o subgênero *Pleiopterys* das *Banisteriopsis*, onde *D. pubipetala* estava inserida, era não monofilético e estava entremeado com *Diplopterys*. A grande disparidade na estrutura e desenvolvimento pericárpico existente entre as três espécies estudadas de *Banisteriopsis* e *D. pubipetala*, como a ocorrência de alélulas, aerênquima endocárpico interno e menor espessura das camadas lignificadas nesta última, corroboram a interpretação de Anderson & Davis (2006), reforçando que *D. pubipetala* realmente não deveria se enquadrar no mesmo gênero que as demais espécies aqui avaliadas.

Um caráter que chama a atenção no material estudado é a presença de três feixes ventrais na base do ovário, ramificando-se em seis feixes na região mediana do ovário das *Banisteriopsis* estudadas, enquanto que o ovário de *D. pubipetala* apresenta seis feixes ventrais na base, os quais concrecem formando apenas três feixes. A presença de três feixes vasculares que se ramificam também foi relatada para *Camarea affinis* St. Hil. (Mamede 1993) e *Janusia guaranitica* (St. Hil.) Juss. (Lorenzo 1981). A peculiar vascularização dos carpelos de *D. pubipetala* constitui mais um fato que corrobora a separação entre esta e as espécies de *Banisteriopsis* aqui estudadas; a ampliação da análise da vascularização floral de

espécies de *Diplopterys* pode revelar se este é um caráter do gênero ou se é de variação específica.

Embora existam muitas características distintivas entre as três *Banisteriopsis* e *D. pubipetala*, diversos outros aspectos são semelhantes. As quatro espécies apresentam fruto esquizocárpico, formado por três samarídeos presos ao tórus. Uma das hipóteses para a evolução dos frutos de Malpighiaceae propõe que a espécie ancestral da família possuía, provavelmente, um fruto não alado e que a ala tenha se originado na base do clado da família, tendo sido perdida em diversas linhagens (Davis *et al.* 2001). Essa perda aparece em algumas espécies de *Diplopterys*, que apresentam ala dorsal muito reduzida (Gates 1982). Assim, a presença de ala no fruto das quatro espécies estudadas é considerada um caráter ancestral nas Malpighiaceae. Chama a atenção a grande variação da inclinação dos samarídeos entre as espécies estudadas nesse trabalho e, embora em nenhum momento a literatura não destaque essa variação, estudos mais detalhados são interessantes para verificar como o caráter varia entre os gêneros alados das Malpighiaceae.

Comparando-se as espécies estudadas, verifica-se que o exocarpo e o mesocarpo externo são semelhantes em todas elas, sendo comum, também, a presença de um estrato mais ou menos espesso de células espessadas e alongadas em sentidos variáveis na porção média do pericarpo. A presença desse estrato esclerenquimático no mesocarpo é referida para outras duas espécies de Malpighiaceae encontradas na literatura, *Malpighia emarginata* DC. (Laskowsky & Bautista 2000) e *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Souto & Oliveira 2005), as quais apresentam frutos drupóides, onde o pirênio lignificado é composto por camadas do mesocarpo e endocarpo. Já *Lophantera lactescens* Ducke (Paoli 1997) possui fruto esquizocárpico formado por três cocas, no qual o mesocarpo é inteiramente parenquimático e o endocarpo é lenhoso.

Embora a literatura destaque a grande variedade de consistência e deiscência dos frutos de Malpighiaceae (Anderson 1979, Barroso *et al.* 1999), a ocorrência de camada lignificada parece ser um caráter constante nos frutos de espécies da família, embora mais espécies devam ser estudadas ontogeneticamente para se confirmar esta generalização e verificar a origem mesocárpica e/ou endocárpica da camada.

Um aspecto que chama atenção em *D. pubipetala* é o endocarpo, que prolifera intensamente, formando um tecido aerenquimático abundante, o qual colapsa no pericarpo maduro. Esse tecido pode ser considerado como “seed cushion” e possui importante papel no desenvolvimento da semente. De acordo com Roth (1977), frutos que apresentam lignificação antes do crescimento da semente formam um tecido de aspecto laxo, o qual, por compressão

dos espaços intercelulares, acomoda a semente em desenvolvimento. A presença de “seed cushion” é comum nas Leguminosae (Martins & Oliveira 2001, Pietrobom & Oliveira 2004, Nakamura & Oliveira 2005), estando sempre associada a pericarpos secos. Não foi encontrado nenhum relato na literatura para as Malpighiaceae, o que pode ser explicado pela carência de estudos anatômicos e ontogenéticos de frutos secos, em especial das sâmaras, nesta família.

Os tricomas tectores unicelulares encontrados nas espécies analisadas têm sido bem registrados na literatura como característicos das Malpighiaceae e ocorrem em caules, folhas, flores e frutos (Metcalf & Chalk 1950, Judd *et al.* 1999). Segundo Metcalf & Chalk (1950), esses tricomas podem ser chamados de malpighiáceos por sua ampla ocorrência na família e, algumas vezes, apresentam aspecto verrucoso. Além disso, Judd *et al.* (1999) ainda destacam que os tricomas podem ter formato de T, V ou Y, com os braços semelhantes ou desiguais. A ocorrência de tricomas tectores multicelulares é incomum na família, tendo sido registrada para os ovários e frutos das quatro espécies aqui avaliadas.

Em ambientes xéricos e com alta pressão de herbivoria como o bioma cerrado, é importante as plantas possuírem estratégias que possibilitem defesa. Podem-se observar, em todas as espécies estudadas, grande frequência de células contendo compostos fenólicos, os quais são referidos na literatura como agentes anti-herbivoria (Swain 1979). Além disso, a epiderme ovariana e o exocarpo das espécies aqui avaliadas apresentam grande quantidade de tricomas tectores, característicos das Malpighiaceae, os quais tendem a dificultar a perda de água, outro aspecto significativo para plantas desse bioma. A intensa presença de compostos fenólicos e tricomas tectores também foi registrada nos frutos de *Byrsonima intermedia*, outra espécie de Malpighiaceae típica do cerrado (Souto & Oliveira 2005). A abundância de compostos fenólicos também têm sido registrada para pericarpos de plantas do bioma pertencentes a outras famílias, como Leguminosae (Paiva & Oliveira 2004, Pinto 2005, Barros 2006, De-Paula 2006), Apocynaceae (Aguiar 2003), Erythroxylaceae (Nakamura 2003) e Styracaceae (Julio 2004), o que reforça a idéia da importância desses compostos na defesa das plantas do cerrado.

Um caráter interessante é a frequente ocorrência de drusas no material observado neste trabalho. O relato desse tipo de cristal é comum para ovários e frutos de Malpighiaceae, tendo sido registrado para *Janusia guaranitica* (Lorenzo 1981), *Lophantera lactescens* (Paoli 1997) e *Malpighia emarginata* (Laskowski & Bautista 1999), indicando que esse tipo de cristal pode ser uma característica comum das Malpighiaceae.

Apesar de não haver registro na literatura da anatomia e ontogênese de frutos alados nas Malpighiaceae, a estrutura da ala de *D. pubipetala* e das três espécies de *Banisteriopsis* era esperada, já que espécies aladas de outros grupos apresentam estrutura semelhante, como é o caso de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (Martins & Oliveira 2001) e *Pterocarpus violaceus* Vogel (Nakamura & Oliveira 2005), espécies de Leguminosae produtoras de sâmaras. Tendo em vista que frutos alados estão relacionados à anemocoria, é importante que eles apresentem estrutura ampla, mas com baixo peso. Isso é possível graças à presença de aerênquima, que contribui para o aumento do volume do fruto sem que ocorra ganho significativo de peso, já que esse tecido possui grande quantidade de espaços intercelulares repletos de ar.

Agradecimentos – Ao CNPq, pela bolsa de mestrado concedida a L.S. Souto e pela bolsa de produtividade em pesquisa de D.M.T. Oliveira; à FAPESP-Programa BIOTA (Proc. 00/12469-3), pelo auxílio financeiro; à Dra. Maria Candida Henrique Mamede, pela identificação das espécies; e ao Sr. Clemente José Campos pelo auxílio nas coletas.

#### Referências bibliográficas

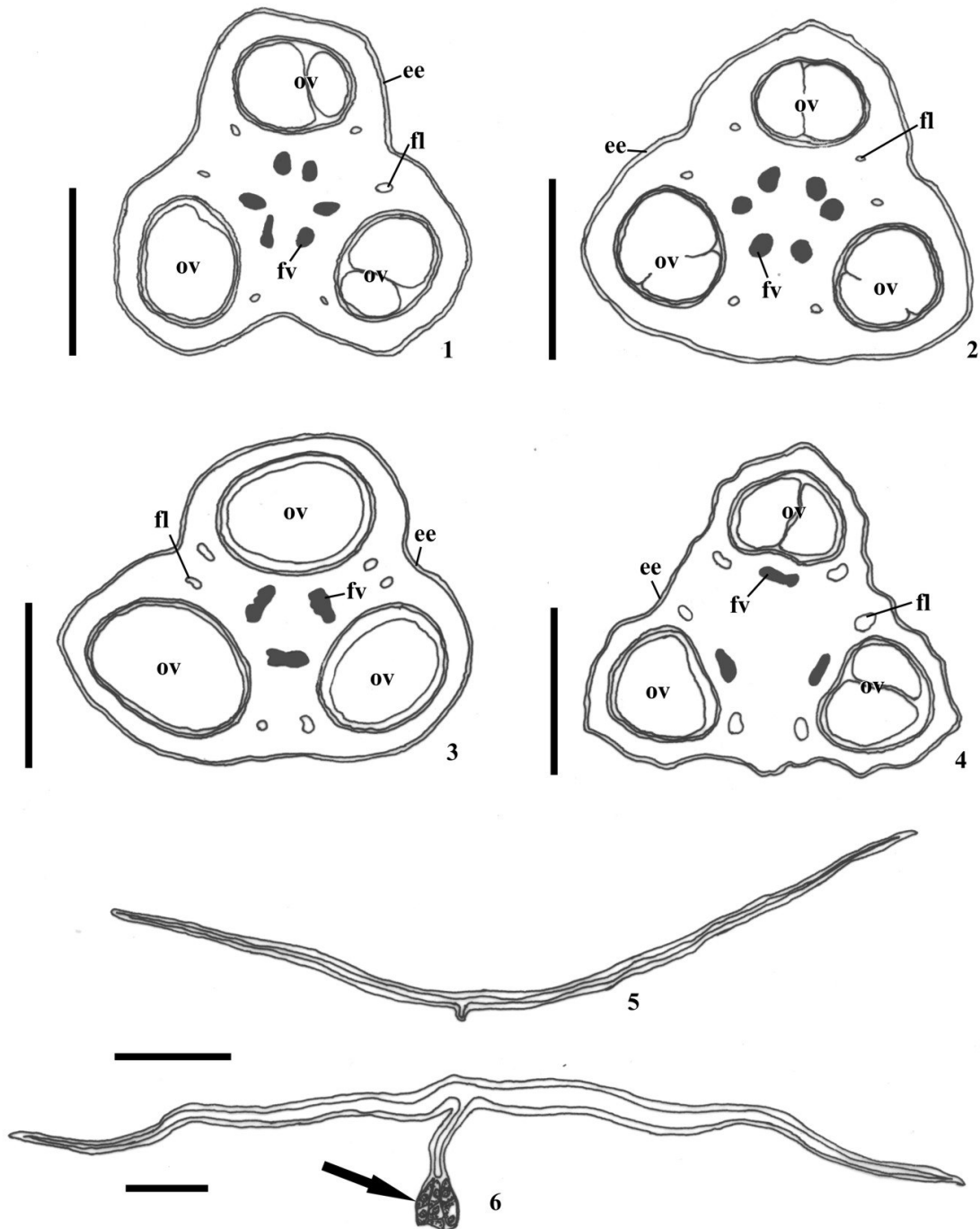
- AGUIAR, S. 2003. Morfologia e anatomia de frutos e sementes de espécies de Apocynaceae do cerrado no estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ANDERSON, W.R. 1979. Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica* 11:219-223.
- ANDERSON, 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
- BARROS, S.S.U. 2006. Morfoanatomia e ontogênese dos frutos e sementes de três espécies de Mimoseae (Fabaceae: Mimosoideae). Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Editora UFV, Viçosa.
- BUKATSCH, F. 1972. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. *Mikrokosmos* 61:255.

- 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.
- DE-PAULA, O.C. 2006. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de espécies de *Chamaecrista* (Fabaceae, Caesalpinioideae). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- DOP, P. & GAUTIÉ, A. 1928. *Manual de technique botanique*. 2<sup>nd</sup>ed. J. Lamane, Paris.
- GATES, B. 1982. *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). *Flora Neotropica Monographs* 30:1-236.
- JENSEN, W. A. 1962. *Botanical histochemistry: principles and practice*. W. H. Freeman, San Francisco.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book, New York.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOG, E.A. & STEVENS, P.F. 1999. *Plant systematics: a phylogenetic approach*. Sinauer Associates, Sunderland.
- JULIO, P.G.S. 2004. Morfologia e anatomia dos frutos e sementes de *Styrax camporum* Pohl. (Styracaceae), espécie de cerrado do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- LASKOWSKI, L.E. & BAUTISTA, D. 1999. Características anatómicas de la flor del semeruco (*Malpighia emarginata* DC.). *Ernstia* 9:19-36.
- LASKOWSKI, L.E. & BAUTISTA, D. 2000. Características anatómicas y desarrollo del fruto del semeruco (*Malpighia emarginata* DC.). *Ernstia* 10:105-115.
- LORENZO, E. 1981. Sobre la inflorescencia, morfología floral y embriología de *Janusia guaranitica* (Malpighiaceae). *Kurtziana* 14:101-124.
- MAMEDE, M.C.H. 1993. Estudo comparativo de flores casmógamas, cleistógamas e de frutos de *Camarea affinis* St.-Hil. (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasílica* 7:21-31.
- MARTINS, M.A.G. & OLIVEIRA, D.M.T. 2001. Morfo-anatomia e ontogênese do fruto e da semente de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae). *Revista Brasileira de Botânica* 24:109-121.
- METCALFE, C.R. & CHALK, L. 1950. *Anatomy of dicotyledons*. 2<sup>nd</sup>ed. Claredon Press, Oxford.
- NAKAMURA, A.T. 2003. Morfologia e anatomia dos frutos e sementes de três espécies de *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) de cerrado do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

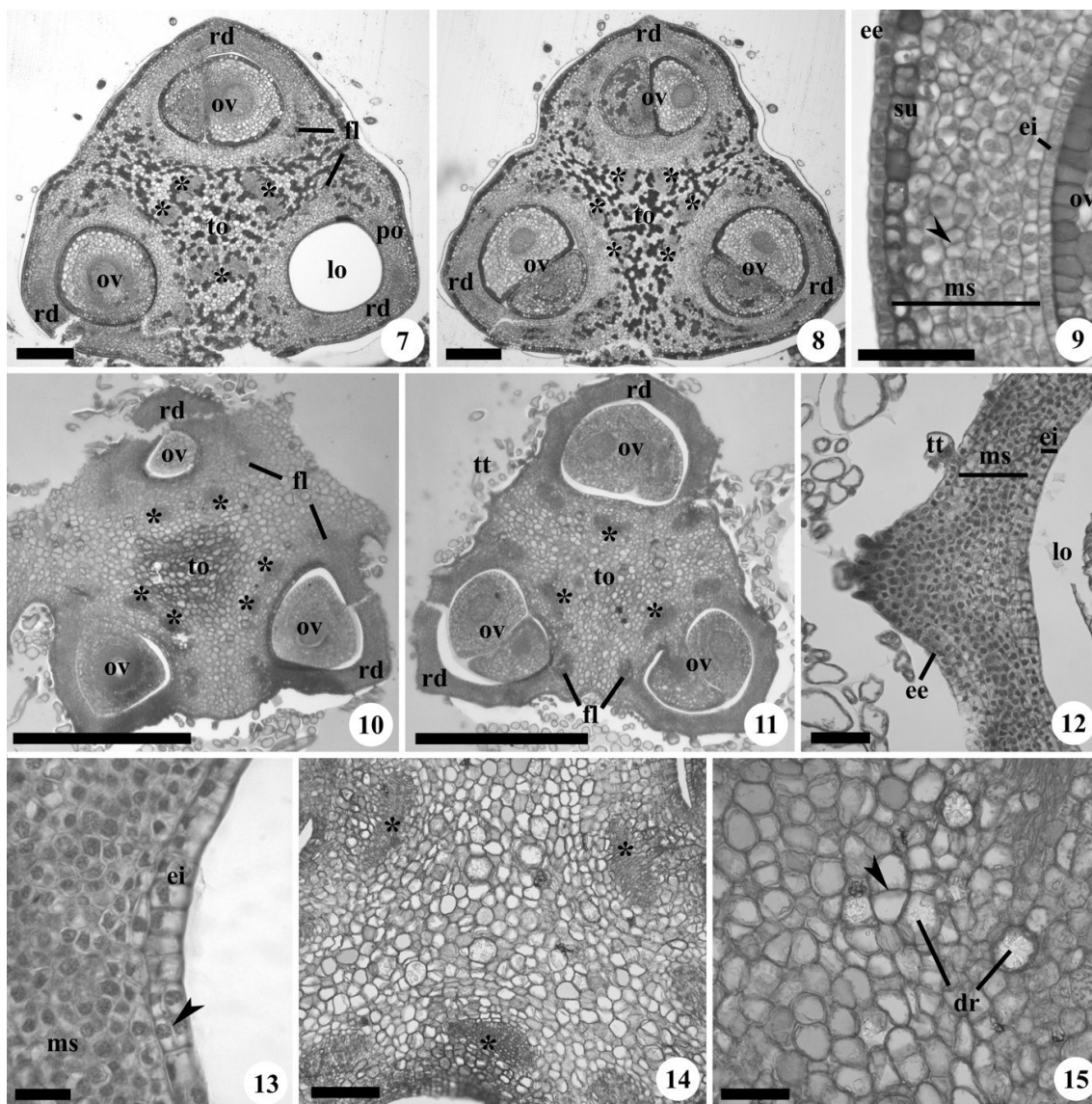
- NAKAMURA, A.T. & OLIVEIRA, D.M.T. 2005. Morfoanatomia e ontogênese da sâmara de *Pterocarpus violaceus* Vogel (Fabaceae: Faboideae). *Revista Brasileira de Botânica* 28:375-387.
- O'BRIEN, T.P., FEDER, N. & MCCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59:368-373.
- PAIVA, E.A.S. & OLIVEIRA, D.M.T. 2004. Ontogenesis of the fruit pulp layer of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (Fabaceae: Caesalpinioideae). *Australian Journal of Botany* 52:677-683.
- PAOLI, A.A.S. 1997. Morfo-anatomia de frutos e sementes de *Lophantera lactescens* Ducke (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 19:238-244.
- PIETROBOM, R.C.V. & OLIVEIRA, D.M.T. 2004. Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 27:767-779.
- PINTO, D.D. 2005. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de *Dalbergia miscolobium* Benth. e *Machaerium acutifolium* Vog. (Fabaceae: Faboideae). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- ROTH, I. 1977. *Fruits of Angiosperms*. Gebrüder Borntraeger, Berlin. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- SASS, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. Iowa State University, Ames.
- SOUTO, L.S. & OLIVEIRA, D.M.T. 2005. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 28:697-712.
- SWAIN, T. 1979. Tanins and lignins. *In* *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites* (G.A. Rosenthal & D.H. Janzen, eds). Academic Press, New York, p.657-674.



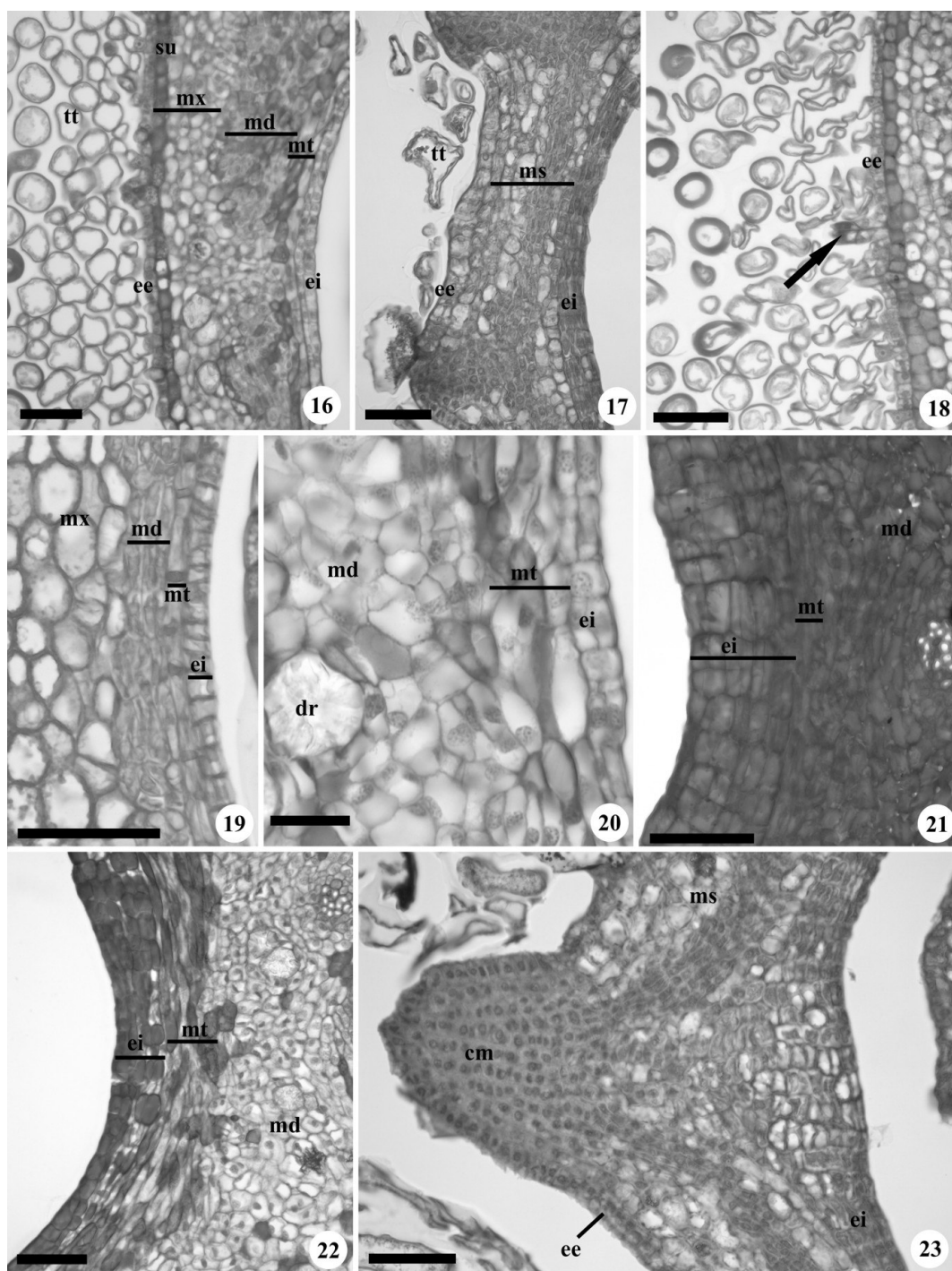
**FIGURAS**



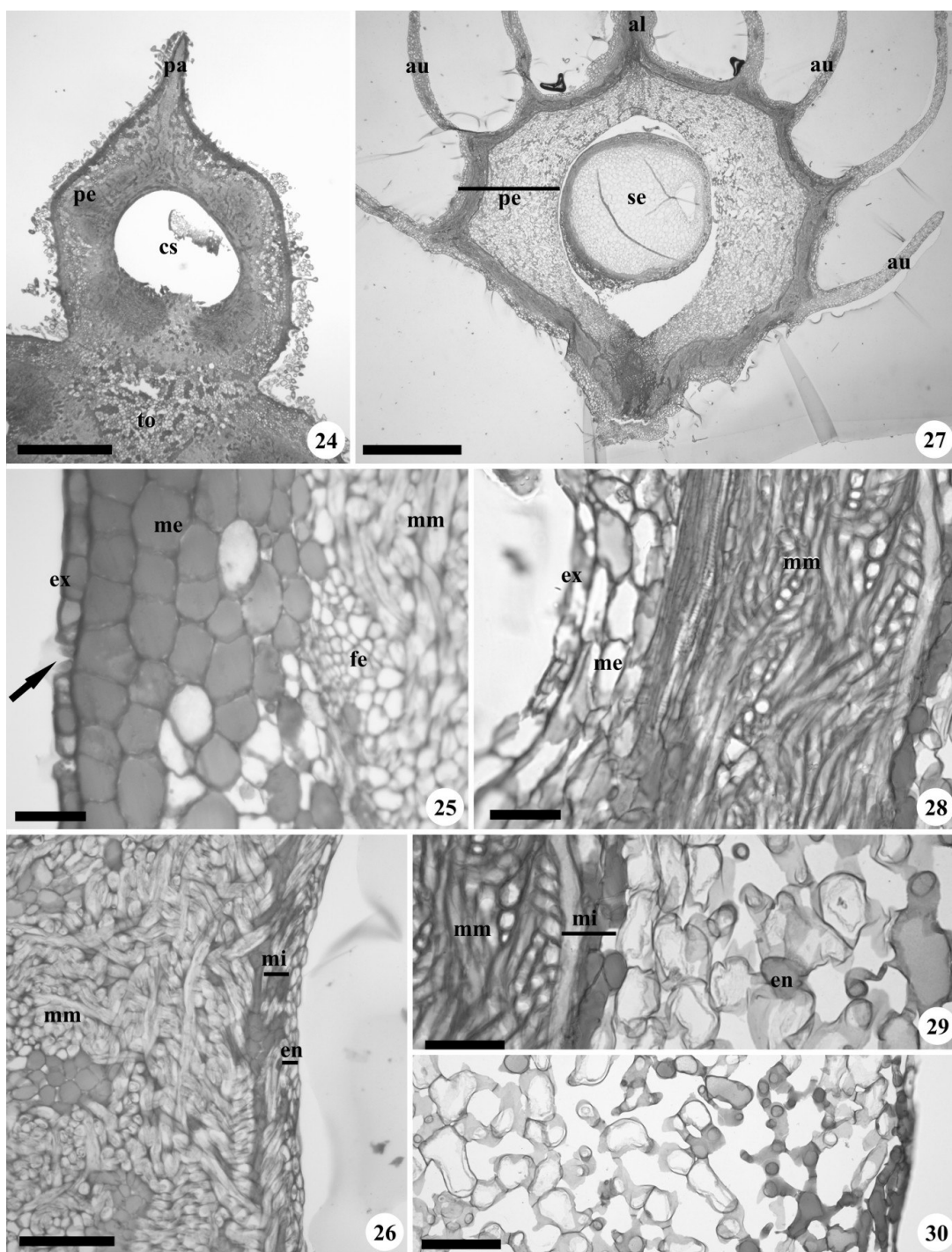
Figuras 1-6. Diagramas da região mediana dos ovários de botões florais e detalhes dos tricomas tectores. 1. *Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E.L. Little. 2. *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates. 3. *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates. 4. *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis. 5-6. *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates. 5. Tricoma tector unicelular. 6. Tricoma tector de pedúnculo multicelular (seta). (ee = epiderme externa; fl = feixe lateral; fv = feixe ventral; ov = óvulo). Barras = 500 µm (1-4), 100 µm (5-6).



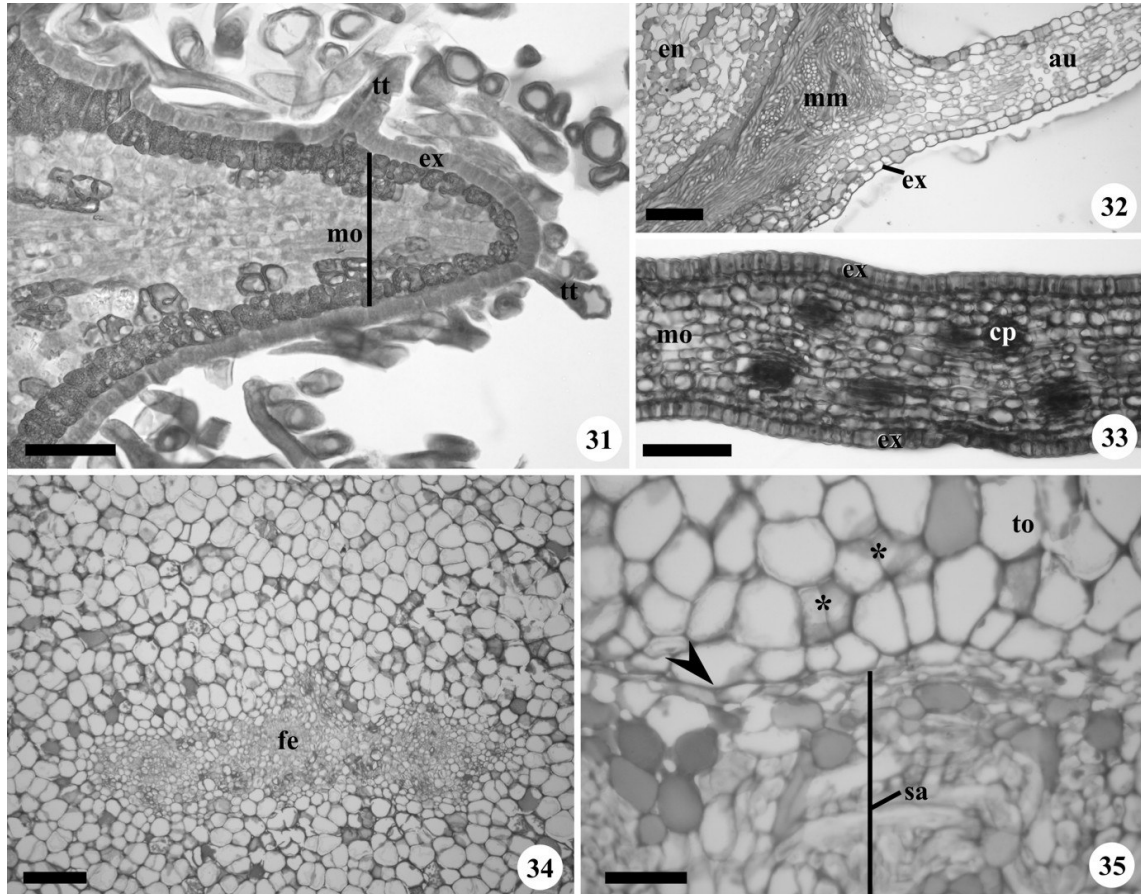
Figuras 7-15. Ovários de botões florais de *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (7-9) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (10-15). Seção longitudinal (15). Seções transversais (7-14). 7. Vista geral da porção basal do ovário, mostrando dois feixes ventrais ainda unidos nos septos entre dois carpelos e dois feixes ventrais já individualizados no outro septo. 8. Vista geral da porção apical do ovário, mostrando os seis feixes ventrais individualizados. 9. Detalhe da parede ovariana; notar o aspecto meristemático das células das epidermes e do mesofilo e a ocorrência de divisões celulares neste último (ponta de seta). 10. Aspecto geral da base do ovário, mostrando os seis feixes ventrais individualizados. 11. Aspecto geral da porção mediana do ovário, mostrando os feixes ventrais concrecidos aos pares entre carpelos adjacentes, formando apenas três feixes. 12. Detalhe da parede ovariana na região dorsal do carpelo, evidenciando nítida projeção da parede do ovário. 13. Detalhe do mesofilo ovariano, destacando a epiderme interna com as primeiras divisões periclinais (ponta de seta). 14-15. Aspecto do tórus; na figura 15, evidenciam-se divisões celulares (ponta de seta) e idioblastos cristalíferos contendo drusas. (dr = drusa; ee = epiderme externa; ei = epiderme interna; fl = feixes laterais; lo = lóculo; ms = mesofilo ovariano; ov = óvulo; po = parede ovariana; rd = região dorsal; su = camada subepidérmica; to = tórus; tt = tricoma tector; \* = feixes ventrais). Barras = 500 µm (10-11), 150 µm (7-8), 100 µm (14), 50 µm (9, 12, 15), 20 µm (13).



Figuras 16-23. Ovário de flor em antese de *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (16, 18, 20, 22), *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (19, 21) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (17, 23). Seções transversais. 16-17. Vista geral da parede ovariana. 18. Detalhe da epiderme externa, com tricomas em variados graus de diferenciação (seta = base de tricoma tector multicelular). 19-20. Detalhes do mesofilo interno e epiderme interna na lateral do carpelo. 21-22. Detalhes do mesofilo interno e epiderme interna na região ventral do carpelo. 23. Aspecto da parede ovariana na região dorsal do carpelo, mostrando a projeção formada pelas células meristemáticas dorsais. (cm = células meristemáticas dorsais; dr = drusa; ee = epiderme externa; ei = epiderme interna; md = mesofilo médio; ms = mesofilo ovariano; mt = mesofilo interno; mx = mesofilo externo; su = camada subepidérmica; tt = tricoma tector). Barras = 150  $\mu$ m (16), 50  $\mu$ m (17-19, 21-23), 20  $\mu$ m (20).

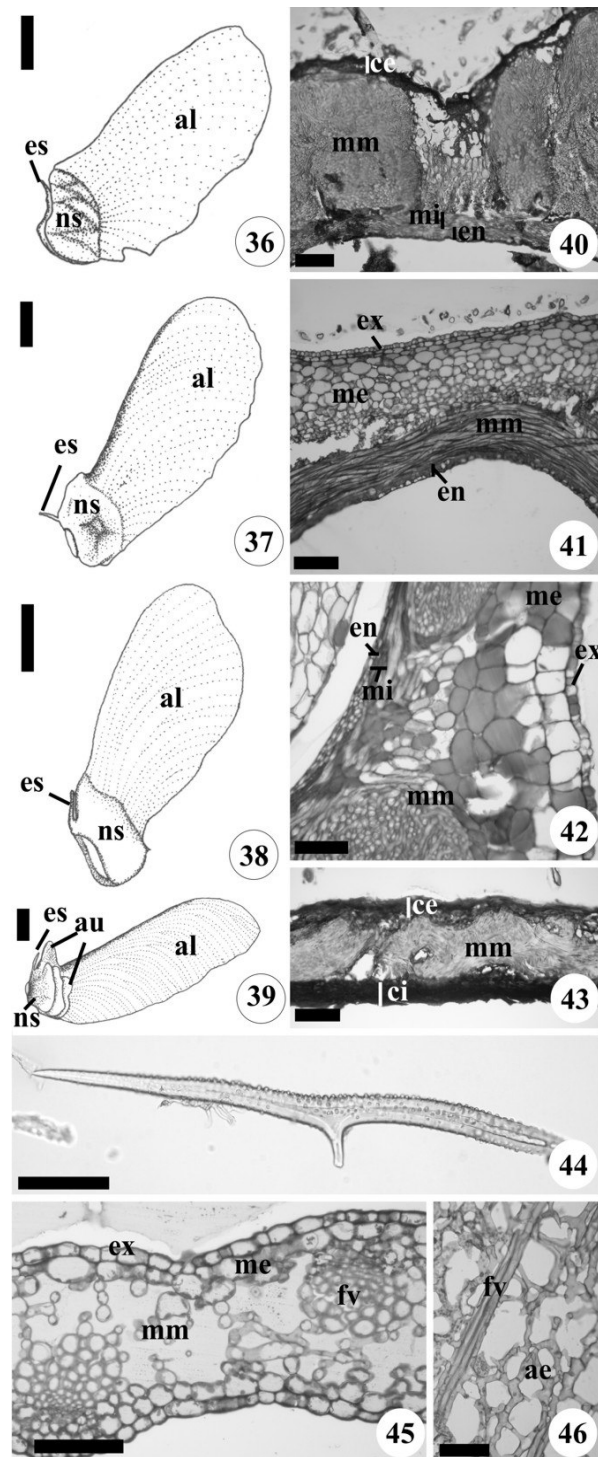


Figuras 24-30. Pericarpo em desenvolvimento de *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (24), *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (25-26) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (27-30). Secções transversais. 24. Vista geral de samarídeo, mostrando primórdio de ala. 25. Detalhe do exocarpo, mesocarpo externo e médio; notar a vascularização e a presença de estômatos (seta). 26. Detalhe do mesocarpo médio, mesocarpo interno e endocarpo. 27. Vista geral de samarídeo, mostrando a presença de ala e alélulas no núcleo seminífero. 28. Detalhe do exocarpo, mesocarpo externo e médio. 29. Detalhe do mesocarpo médio, mesocarpo interno e parte do endocarpo. 30. Detalhe do aerênquima endocárpico, formando o "seed cushion". (al = ala; au = alélula; cs = cavidade seminal; en = endocarpo; ex = exocarpo; fe = feixe vascular; me = mesocarpo externo; mi = mesocarpo interno; mm = mesocarpo médio; pa = primórdio de ala; pe = pericarpo; se = semente; to = tórus). Barras = 2 mm (27), 500 µm (24), 100 µm (26, 30), 50 µm (25, 28-29).



Figuras 31-35: Ala, alélula e tórus em desenvolvimento de *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (31), *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (34-35) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (32-33). Seções transversais. 31. Detalhe do primórdio de ala, mostrando tecidos em diferenciação. 32. Aspecto da região de inserção da alélula no núcleo seminífero. 33. Aspecto geral da ala jovem, mostrando a abundância de cordões procambiais. 34-35. Detalhes do tórus; notar a presença de divisões celulares (\*) e do tecido de abscisão (ponta de seta). (au = alélula; cp = cordão procambial; en = endocarpo; ex = exocarpo; fe = feixe vascular; mm = mesocarpo médio; mo = mesocarpo; sa = samarídeo; to = tórus; tt = tricoma tector). Barras = 150 μm (32, 34), 100 μm (33), 50 μm (31, 35).





Figuras 36-46. Fruto maduro de *Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E.L. Little (36, 40), *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (37, 41, 46), *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (38, 42, 44-45) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (39, 43). 36-39. Vista geral dos samarídeos. 40-43. Seções transversais do pericarpo maduro, exceto 42, que se trata do pericarpo em pré-maturação. 44. Aspecto do tricoma tector unicelular com parede de aspecto verrucoso. 45. Seção transversal da ala madura. 46. Seção paradérmica profunda da ala madura, mostrando o aspecto braciforme das células do aerênquima. (ae = aerênquima; al = ala; au = alélula; ce = camadas colapsadas externas; ci = camadas colapsadas internas; en = endocarpo; es = estilete; ex = exocarpo; fv = feixe vascular; me = mesocarpo externo; mm = mesocarpo médio; ns = núcleo seminífero). Barras = 5 mm (36-39), 150  $\mu$ m (40-41), 100  $\mu$ m (42-46).

## **CAPÍTULO II**



**Morfoanatomia e ontogênese da semente de *Banisteriopsis* C. B. Robinson e *Diplopterys*  
A. Juss. (Malpighiaceae)<sup>5</sup>**

LETÍCIA SILVA SOUTO<sup>6</sup> e DENISE MARIA TROMBERT OLIVEIRA<sup>7,8</sup>

Título resumido: Semente de *Banisteriopsis* e *Diplopterys*

- 
5. Parte da dissertação de mestrado da primeira autora, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.
  2. UNESP – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.
  3. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Caixa Postal 486, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.
  4. Autor para correspondência: [dmtoliveira@icb.ufmg.br](mailto:dmtoliveira@icb.ufmg.br)

**RESUMO** – (Morfoanatomia e ontogênese da semente de *Banisteriopsis* C.B. Robinson e *Diplopterys* A. Juss. (Malpighiaceae)). *Banisteriopsis* e *Diplopterys* (Malpighiaceae) ocorrem em todo o continente americano, em especial na América do Sul, destacados por sua abrangência e representatividade, apresentado em conjunto cerca de 100 espécies. Considerando que a morfoanatomia dos órgãos reprodutivos da maioria das espécies de cerrado são desconhecidas e que esses estudos são escassos nas Malpighiaceae, as sementes de *B. campestris*, *B. oxyclada*, *B. stellaris* e *D. pubipetala* foram estudadas ontogeneticamente. Observou-se que Os óvulos são suspensos, subcampilótopos, bitegmentados e crassinucelados; o tegumento interno é mais curto que o externo, sendo que apenas este último forma a micrópila; o nucelo é muito amplo e se projeta pela micrópila, ficando em contato direto com células do obturador de origem funicular, estrutura menos conspícua em *D. pubipetala*. *Banisteriopsis* e *Diplopterys* têm sementes pequenas, amarelo-escuras, que apresentam paquicalaza; na maturidade, o envoltório seminal encontra-se colapsado, distinguindo-se apenas a exotesta com compostos fenólicos e resíduos da vascularização. As sementes são exalbuminosas e o embrião preenche toda a cavidade seminal, com eixo embrionário reto, curto e afilado, e dois cotilédones carnosos e bem desenvolvidos. A reserva encontrada no embrião é composta basicamente por lipídeos, havendo pequenos grãos de amido dispersos; muitas drusas são observadas no embrião. A estrutura e desenvolvimento das sementes estudadas são muito semelhantes entre si e às demais Malpighiaceae já analisadas; constituem novos registros para a literatura da Malpighiaceae a presença de obturador e de paquicalaza.

Palavras-chave – anatomia, *Banisteriopsis*, desenvolvimento, *Diplopterys*, morfologia, semente

### Introdução

A morfologia de frutos e sementes normalmente mostra pequena plasticidade fenotípica e é, portanto, de grande importância taxonômica (Von Teichman & Van Wyk 1991). As sementes são, também, muito utilizadas no reconhecimento de espécies de plantas. Apesar disso, estudos com esses órgãos são escassos na literatura, principalmente os relacionados a espécies tropicais.

Malpighiaceae é uma família monofilética, com 1.200 espécies reunidas em 66 gêneros (Anderson 1990). Apresenta distribuição pantropical, mas sua maior diversidade encontra-se no continente sul-americano (Judd *et al.* 1999); em recente levantamento,

Mendonça *et al.* (1998) colocam as Malpighiaceae entre as dez famílias mais bem representadas no bioma cerrado.

Segundo Corner (1976), as Malpighiaceae apresentam óvulos anátropos ou subcampilótropos, suspensos, bitegmentados e crassinucelados; a placentação é axial e ocorre um óvulo por lóculo. As espécies da família possuem sementes normalmente pequenas, de formato obcônico ou piriforme, mais ou menos exalbuminosas. O autor ainda destaca que são poucas as sementes de Malpighiaceae estudadas em detalhe e considera que as espécies já analisadas apresentam um padrão que consta de tegumento reduzido, com tégmen fibroso e endotégmen esclerificado; segundo Corner (1976), uma ou ambas as características podem desaparecer na ontogênese tegumentar. O embrião é variável, de reto a curvo, conforme indicado por Judd *et al.* (1999).

*Banisteriopsis* C. B. Rob. e *Diplopterys* A. Juss. são considerados gêneros irmãos, tanto pela similaridade da estrutura floral (Gates 1982) quanto por dados moleculares (Anderson & Davis 2006); ambos são muito significativos dentro das Malpighiaceae, em função de possuírem, em conjunto, cerca de 100 espécies (Anderson & Davis 2006). Esses gêneros têm distribuição exclusivamente neotropical, estando restritos apenas aos trópicos do continente americano, apresentando sua maior diversidade específica na região central do Brasil (Gates 1982). Como típico da família, suas sementes são pequenas e estão inseridas em frutos espessos do tipo samarídeo ou noz. Embora sejam gêneros importantes dentro da família, não há na literatura qualquer estudo detalhado sobre a anatomia de suas sementes.

Considerando a escassez de trabalhos sobre a ontogênese de órgãos reprodutivos das Malpighiaceae e a elevada importância do grupo para a vegetação do continente americano, em especial para o bioma cerrado, o objetivo do presente trabalho é descrever, sob o ponto de vista ontogenético, a morfologia e anatomia das sementes de *B. campestris* (Adr. Jussieu) E.L. Little, *B. oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates, *B. stellaris* (Grisebach.) B. Gates e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C. Cav. Davis.

### **Material e Métodos**

Óvulos e sementes foram coletados de indivíduos de *B. campestris* (Adr. Jussieu) E.L. Little, *B. oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates, *B. stellaris* (Grisebach.) B. Gates e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C. Cav. Davis (Malpighiaceae), ocorrentes em remanescentes de cerrado nos seguintes locais: km 3 da Rodovia Hipólito Martins (Castelinho), no município de Botucatu, SP (23°02'51''S e 48°31'18''W); estrada da Mina, município de Botucatu, SP (22°42'38''S e 48°18'35''W); e áreas residuais de cerrado

do município de Botucatu, SP (22°51'22''S e 48°29'29''W; 23°03'28''S e 48°15'51''W). Ramos férteis foram herborizados, identificados por especialista e registrados no Herbário “Irina D. Gemtchujnicov” (BOTU), respectivamente sob os números 25.304, 24.292, 24.289 e 24.291.

As características morfológicas das sementes foram descritas e ilustradas a partir de amostra de 50 unidades removidas de frutos coletados aleatoriamente de, no mínimo, cinco indivíduos. A nomenclatura utilizada para descrever as sementes foi baseada em Martin (1946), Corner (1976), Werker (1997) e Barroso *et al.* (1999).

Para o estudo anatômico, amostras de óvulos e sementes, nas diversas fases do desenvolvimento, foram separadas de ovários e frutos, sendo fixadas em FAA 50 (Johansen 1940) e armazenadas em etanol 70%.

Foram preparadas lâminas permanentes, sendo as amostras desidratadas em série etílica, infiltradas em metacrilato Leica® segundo o protocolo do fabricante, seccionadas em micrótomo rotatório, coradas com azul de toluidina 0,05%, pH 4,7 (O'Brien *et al.* 1964) e montadas em resina sintética.

Para os testes histoquímicos, foram utilizadas secções a mão livre de material fresco ou fixado, submetidas aos seguintes corantes e/ou reagentes: vermelho de rutênio, para identificar polissacarídeos diversos e pectinas (Jensen 1962); floroglucinol acrescido de ácido clorídrico, para evidenciar paredes lignificadas (Sass 1951); Sudan IV, para a localização de substâncias lipídicas; lugol, para a detecção de amido; cloreto férrico, acrescido de carbonato de sódio, para verificar a ocorrência de compostos fenólicos (Johansen 1940).

O material foi analisado em microscópio fotônico. Os resultados foram registrados por meio de fotomicrografias preparadas em fotomicroscópio Olympus com câmara digital Olympus acoplada, sendo as escalas produzidas de modo convencional.

## Resultados

As sementes das espécies estudadas de *Banisteriopsis* e *Diplopterys* apresentam características muito semelhantes em todas as fases de seu desenvolvimento. Assim sendo, foi realizada uma descrição única do desenvolvimento das sementes dessas espécies, destacando-se os caracteres divergentes.

Óvulo do botão floral e flor em antese – Nas quatro espécies estudadas, a placentação é axial com óvulos pêndulos e unitários em cada lóculo (figura 1). O óvulo é subcampilótopo (figura 2), bitegmentado (figuras 2-5) e crassinucelado (figuras 1-7).

O tegumento externo é formado por cerca de quatro camadas celulares na região calazal (figura 4) e duas camadas próximas à micrópila (figura 5); a epiderme externa é mais diferenciada, formada por células volumosas, de paredes delgadas, retangulares em secção longitudinal e com grande densidade de compostos fenólicos (figuras 2-4), exceto junto à micrópila (figura 2); o mesofilo é formado por células ligeiramente alongadas longitudinalmente, também de paredes delgadas, vacuolizadas e com núcleo bem evidente. A epiderme interna é indiferenciada do mesofilo (figura 4).

O tegumento interno também tem cerca de quatro camadas celulares (figura 4), podendo restringir-se, na micrópila, a duas camadas (figura 5). Tanto a epiderme externa quanto a interna são formadas por células cubóides (figura 4), com citoplasma mais denso próximo à calaza; seu formato vai se tornando mais irregular à medida que se aproxima da micrópila, onde é composto somente pela epiderme externa e interna (figura 5); o mesofilo é constituído por até duas camadas de células, maiores que as da epiderme, de formato irregular e citoplasma vacuolizado (figura 4). Como o tegumento interno é mais curto, apenas o tegumento externo reveste a extremidade micropilar, sendo a micrópila constituída por um amplo poro (figura 5). Alguns idioblastos cristalíferos contendo drusas podem ser observados nos mesofilos dos tegumentos externo e interno.

O nucelo é muito amplo e apresenta células de formatos e tamanhos variáveis, paredes delgadas, vacuoma desenvolvido e núcleo pequeno e evidente (figuras 2, 4-8), projetando diversas camadas celulares pela micrópila (figuras 2, 5-6). Na calaza, ocorre um pequeno acúmulo de compostos fenólicos, constituindo uma hipóstase pouco conspícua (figura 7). O funículo é longo e bastante espesso, formado por células parenquimáticas (figuras 1-2), ocorrendo muitos idioblastos fenólicos e cristais do tipo drusa; observa-se, ainda, um feixe vascular ancicrival que irriga o óvulo. Na região de inserção do funículo no ovário, ocorre um adensamento de células pequenas, com leve alongamento longitudinal, de parede delgada e citoplasma denso (figura 6), acumulando substâncias pécticas. Este tecido fica em contato direto com as células projetadas do nucelo, constituindo um obturador. *Diplopterys pubipetala* não apresenta essa estrutura.

Mesmo nos óvulos de botões florais, já se observa a presença de endosperma nuclear em formação e do zigoto embrionário (figura 8).

Semente em desenvolvimento – A semente mantém-se subcampilótropa (figuras 9-10), com ampla calaza e rafe indistinta desde o início do desenvolvimento (figura 9). Durante esta fase, a

calaza é ampliada, constituindo uma região paquicalazal que abrange cerca de metade da semente (figura 10).

Os tegumentos não apresentam divisões periclinais, permanecendo com o mesmo número de camadas dos óvulos (figura 11). Suas células são vacuolizadas, aumentando o volume. Durante o desenvolvimento, os tegumentos concrecem, dando origem a sementes unitegmentadas. Este concrecimento acontece de modo gradual, sendo observado apenas em algumas regiões no primeiro momento, quando a maior parte dos tegumentos continua individualizada. Com a continuação do desenvolvimento, ocorre concrecimento em todas as regiões, tornando o tegumento único na semente.

Próximo à maturidade, observa-se a exotesta unisseriada, com células alongadas verticalmente, as quais apresentam grande concentração de compostos fenólicos (figura 12). A mesotesta é composta por três a sete camadas de células, mais ou menos alongadas horizontalmente (figura 12). Uma camada de células fenólicas pode aparecer em algumas regiões, indicando a porção onde houve o concrecimento dos tegumentos (figura 12).

O nucelo passa por divisões celulares, em planos variáveis, e por grande vacuolização celular (figura 13), sendo o responsável pelo aumento de volume da semente durante o início do seu desenvolvimento (figura 9). Suas células vão se tornando maiores e vacuolizadas, mantendo a parede delgada. O endosperma não se multiplica muito e torna-se rapidamente celularizado.

O zigoto embrionário apresenta divisões celulares e dá origem, seqüencialmente, ao embrião com aspecto globular (figuras 9, 14), cordiforme (figura 15) e em torpedo (figuras 10, 16). Até a fase cordiforme, é nítida a presença do suspensor, constituído por uma ampla e vascularizada célula micropilar e por células pequenas e mais densas, dispostas linearmente, sobre as quais se insere o embrião propriamente dito (figuras 14-15).

Semente madura – A semente é pequena e de coloração amarelo-escura; em *D. pubipetala*, a semente tem formato arredondado, enquanto que nas espécies de *Banisteriopsis* é mais alongada e achatada. As regiões micropilar e hilar apresentam coloração mais escura que o restante do envoltório e o funículo espesso pode ser retido junto da semente (figura 20). A semente é retida em frutos do tipo samarídeo, muito lignificado, o que torna difícil sua separação.

O envoltório seminal (tanto a testa quanto a paquicalaza) encontra-se colapsado (figuras 17-18), podendo ser distinguida apenas a exotesta (figura 19) com compostos fenólicos. Podem-se observar resquícios da vascularização, que indicam a porção paquicalazal

do envoltório (figura 17). A semente é exalbuminosa (figuras 17-18) e o nucelo foi intensamente consumido, podendo persistir pequenos resíduos de células nucelares (figura 19).

O embrião ocupa toda a cavidade seminal, é reto, tem cotilédones carnosos bem desenvolvidos (figuras 17-18) e eixo hipocótilo-radícula curto e afilado (figura 17). Os dois cotilédones são grandes, carnosos, plano-convexos e aproximadamente simétricos (figura 18). Apresentam protoderme unisseriada, com células pequenas, cubóides de parede delgada pecto-celulósicas, citoplasma denso e núcleo evidente. O meristema fundamental é formado por células mais volumosas e de formato aproximadamente isodiamétrico (figura 22). Imersos no meristema fundamental, observam-se pequenos cordões procambiais.

No ápice radicular do eixo embrionário, verifica-se amplo primórdio de coifa, formado por células dispostas em fileiras radiais próximas à região do promeristema e mais irregulares na porção distal (figura 21). A radícula é curta (figura 21), embora seja difícil fazer a distinção entre esta e o hipocótilo. O nó cotiledonar é estreito e o epicótilo é indistinto. A plúmula é indiferenciada, sendo composta apenas pelo meristema apical caulinar, sem qualquer indício de primórdio foliar (figura 22).

Em todo o eixo embrionário, a protoderme é unisseriada e com células pequenas, densas e cubóides; o meristema fundamental é composto por células mais isodiamétricas e vacuolizadas que as da protoderme, embora seu citoplasma também seja denso; o procâmbio é formado por células ligeiramente alongadas longitudinalmente, com a distribuição padrão (figuras 21-22).

A reserva encontrada em todo o embrião é composta basicamente por lipídeos, havendo somente pequenos grãos de amido dispersos. Muitas drusas são observadas no meristema fundamental de todo o embrião, com maior frequência nos cotilédones (figura 22).

### **Discussão**

Nas três espécies de *Banisteriopsis* e em *D. pubipetala*, óvulos e sementes apresentam uma constância de caracteres, não ocorrendo nenhuma modificação estrutural ou do desenvolvimento que possa distinguir as espécies estudadas ou mesmo os dois gêneros. Apesar de Souto & Oliveira (Capítulo I desta Dissertação) terem destacado diferenças significativas entre os pericarpos dos dois gêneros, respaldando o recente trabalho que transformou *Banisteriopsis pubipetala* (A. Juss.) Cuatrec. em *D. pubipetala* (Anderson & Davis 2006), a constância de caracteres estruturais de óvulos e sementes é esperada e tem sido destacada na literatura, tendo em vista que estes são os órgãos mais conservadores entre os

reprodutivos, os quais exibem menor variação dentro dos táxons (Von Teichman & Van Wyk 1991).

A estrutura do óvulo das espécies estudadas está de acordo com o descrito por Corner (1976) para a família, encontrando-se aqui óvulos subcampilótopos, suspensos, bitegumentados e crassinucelados. A presença de funículo longo e bem desenvolvido, como o das espécies estudadas, foi também encontrada em *Janusia guaranitica* (St. Hil.) Juss. (Lorenzo 1981), *Malpighia emarginata* DC. (Laskowsky & Batista 1999), *M. glabra* L. (Nacif *et al.* 1996) e *Lophantera lactescens* Ducke (Paoli 1997). O grau de desenvolvimento do funículo é caráter irregularmente variável na família, não parecendo guardar relação com o tipo de óvulo, já que *Byrsonima intermedia* A. Juss., estudada por Souto & Oliveira (2005), apresenta óvulo subcampilótopo como as espécies aqui estudadas, mas tem funículo curto.

Os óvulos de Malpighiaceae são freqüentemente descritos como bitegumentados (Corner 1976, Nacif *et al.* 1996, Paoli 1997, Souto & Oliveira 2005), característica também encontrada nas três espécies de *Banisteriopsis* e em *D. pubipetala*. Apesar de apresentar óvulo unitegumentado, *J. guaranitica* apresenta a epiderme externa formada por células volumosas e taníferas (Lorenzo 1981), semelhante à epiderme externa do tegumento externo das quatro espécies estudadas.

A ocorrência de nucelo projetado pela micrópila é tida como caráter constante na família Malpighiaceae (Corner 1976) e já foi relatada pelo autor para espécies de *Hiptage* Gaertn. e *Stigmatophyllum*, para *B. intermedia* (Souto & Oliveira 2005) e para *J. guaranitica* (Lorenzo 1981). Entretanto, o contato direto das células projetadas do nucelo com o obturador de origem funicular não havia sido descrito para a família até o presente trabalho. Apesar da ocorrência de obturador não ser registrada anteriormente para as Malpighiaceae, ele é típico das Euphorbiaceae (Corner 1976), família também pertencente a Malpighiales de acordo com o APG II (2003).

A ocorrência de flores cleistógamas é referida por Ritzerow (1908) para vários gêneros de Malpighiaceae, sendo que essas flores apresentam morfologia diferente das flores casmógamas. Para *Banisteriopsis* e *Diplopterys*, não há relato de flores cleistógamas, apesar deste trabalho registrar, já no estágio de botão floral, a ocorrência de óvulos com zigoto embrionário constituído. Subba Rao (1939) descreveu a embriologia de *Hiptage madablota* Gaertn., *Banisteria laurifolia* L. e *Stigmaphyllum aristatum* L. (Malpighiaceae), relatando a ausência de fecundação, embora haja produção de embrião. A ocorrência de embrião formado por apomixia foi encontrada em *J. guaranitica* (Lorenzo 1981), *Thryallis glauca* Kuntze (Singh 1959) e *Peixotoa reticulata* Griseb. (Anderson 1982). Não foi objetivo deste trabalho



identificar a origem do embrião formado, nem a efetiva ocorrência da fecundação; consideram-se importantes, portanto, trabalhos futuros relacionados à embriologia *stricto sensu* desses gêneros, de modo a esclarecer a origem do embrião e a possível ocorrência de apomixia.

Durante a formação da semente das espécies de *Banisteriopsis* e *Diplopterys* estudadas, verificou-se a formação de paquicalaza, processo até então não referido para as Malpighiaceae (Corner 1976, Von Teichman & Van Wyk 1991), sendo este o primeiro relato para a família. Nas sementes paquicalazais, como as espécies aqui estudadas, a calaza se amplia formando grande parte do envoltório seminal (Werker 1997). Segundo Corner (1976) e Von Teichman & Van Wyk (1991), sementes paquicalazais normalmente desenvolvem-se a partir de óvulos bitegmentados. A paquicalaza está também associada a outras características ancestrais, como óvulos crassinucelados e endosperma com desenvolvimento nuclear; em sementes pequenas, a estrutura ainda é correlacionada à ausência de endosperma (Von Teichman & Van Wyk 1991). Todas as características relatadas para as sementes paquicalazais foram observadas neste trabalho.

Segundo Corner (1976), as sementes de Malpighiaceae apresentam tegumento reduzido, sendo essa característica corroborada pelas sementes de *Banisteriopsis* e *Diplopterys* aqui estudadas. Tegumentos reduzidos também são muito freqüentes em espécies que apresentam a semente inclusa em pericarpo rígido, caso em que a pequena diferenciação tegumentar estaria relacionada à transferência da função de proteção, normalmente exercida pelos tegumentos, para os tecidos pericárpicos. Tal característica tem sido registrada com freqüência em espécies produtoras de sâmaras, como *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (Martins & Oliveira 2001) e de frutos drupóides, como *Malpighia glabra* (Nacif *et al.* 1996) e *Byrsonima intermedia* (Souto & Oliveira 2005).

Apesar das sementes das espécies estudadas não apresentarem camada mecânica no tegumento, elas podem ser consideradas exotestais, segundo a classificação proposta por Corner (1976), por apresentarem exotesta formada por células levemente espessadas e com acúmulo de compostos fenólicos.

Seguindo-se a terminologia de Martin (1946), o embrião das três espécies de *Banisteriopsis* e de *Diplopterys* é dominante e espatulado. De acordo com Barroso *et al.* (1999), o embrião é dito cotiledonar, por distinguirem-se o eixo hipocótilo-radícula dos cotilédones, contínuo e espatulado. Chama a atenção que o embrião das Malpighiaceae apresenta morfologia bem variada; *M. glabra*, assim como as espécies estudadas, apresenta embrião reto (Nacif *et al.* 1996), *L. lactescens* possui embrião dobrado (Paoli 1997), enquanto

que *B. intermedia* tem embrião espiralado (Souto & Oliveira 2005). Apesar da variação na morfologia do embrião, as espécies supracitadas de Malpighiaceae apresentam cotilédones bem desenvolvidos e que acumulam reserva energética. A ocorrência de cotilédones bem desenvolvidos, associada à ausência de endosperma na maturidade de todas as espécies avaliadas (Corner 1976, Lorenzo 1981, Nacif *et al.* 1996, Paoli 1997, Souto & Oliveira 2005), pode indicar que o caráter exalbuminoso seja comum a toda a família.

Segundo Nacif *et al.* (1996), *M. glauca* apresenta reserva lipídica e protéica; Souto & Oliveira (2005) registram que a reserva de *B. intermedia* apresenta lipídeos e amido. Já as três espécies de *Banisteriopsis* e *D. pubipetala* acumulam lipídeos e exibem apenas traços de amido. Verifica-se, portanto que, embora a reserva energética presente nos cotilédones das Malpighiaceae seja de composição variável, a ocorrência de lipídeos tem sido constantemente destacada.

Agradecimentos – Ao CNPq, pela bolsa de mestrado concedida a L.S. Souto e pela bolsa de produtividade em pesquisa de D.M.T. Oliveira; à FAPESP-Programa BIOTA (Proc. 00/12469-3), pelo auxílio financeiro; à Dra. Maria Candida Henrique Mamede, pela identificação das espécies; e ao Sr. Clemente José Campos pelo auxílio nas coletas.

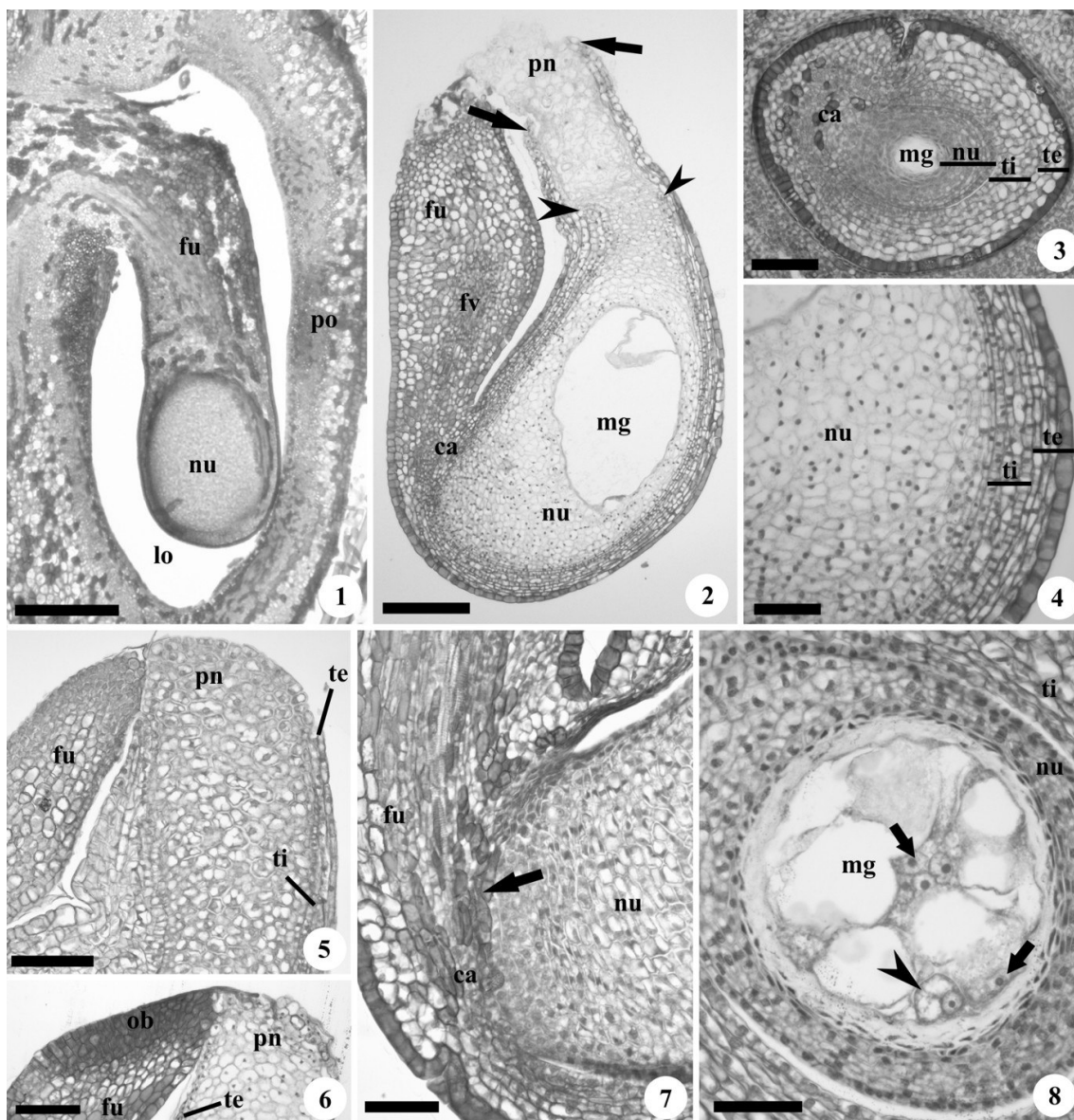
### Referências bibliográficas

- ANDERSON, C. 1982. A monograph of the genus *Peixotoa* (Malpighiaceae). Contributions of the University of Michigan Herbarium 15:1-92.
- 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
- APG II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Botanical Journal of the Linnean Society 141:399-436.
- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Editora UFV, Viçosa.
- CORNER, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. 2v. University Press, Cambridge.
- GATES, B. 1982. *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). Flora Neotropica Monographs 30:1-236.

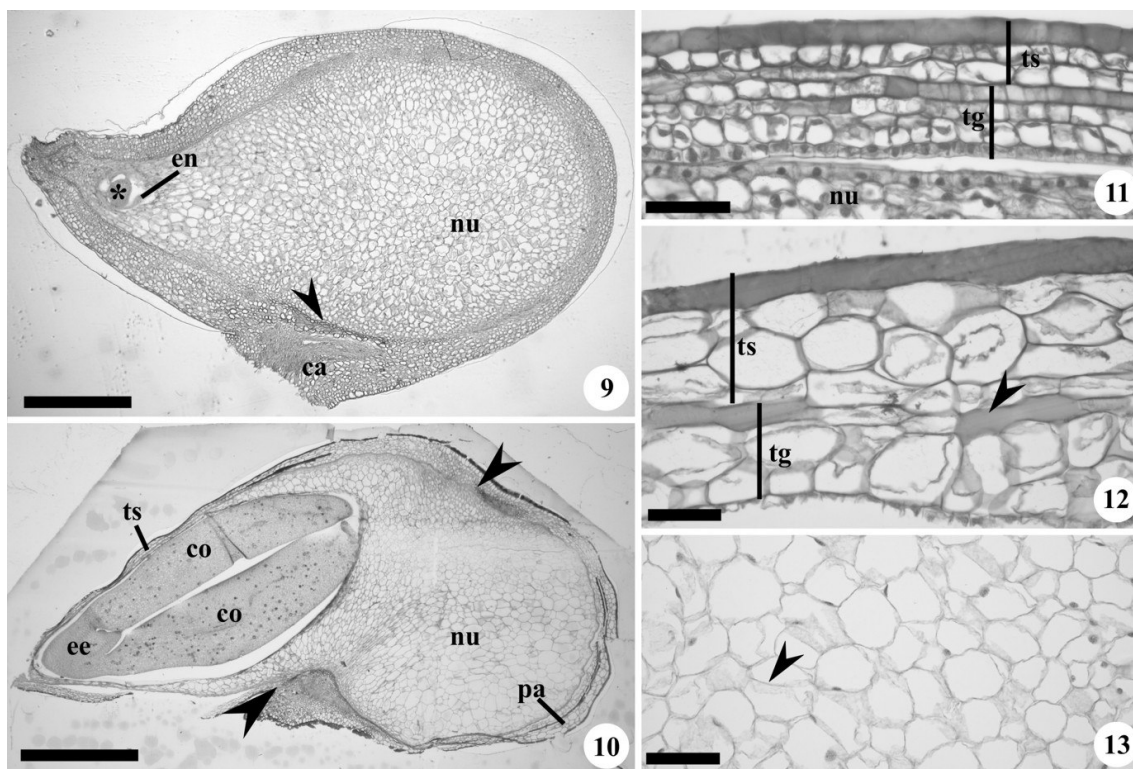
- JENSEN, W. A. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. W.H. Freeman, San Francisco.
- JOHANSEN, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book, New York
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOG, E.A. & STEVENS, P.F. 1999. Plant Systematics: a phylogenetic approach. Sinauer Associates, Sunderland.
- LASKOWSKI, L.E. & BAUTISTA, D. 1999. Características anatómicas de la flor del semeruco (*Malpighia emarginata* DC.). *Ernstia* 9:19-36.
- LORENZO, E. 1981. Sobre la inflorescencia, morfología floral y embriología de *Janusia guaranitica* (Malpigiaceae). *Kurtziana* 14:101-124.
- MARTIN, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. *American Midland Naturalist* 3:513-660.
- MARTINS, M.A.G. & OLIVEIRA, D.M.T. 2001. Morfo-anatomia e ontogênese do fruto e da semente de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae). *Revista Brasileira de Botânica* 24:109-121.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S. & NOGUEIRA, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.289-556.
- NACIF, S.R., GUARDIA, M.C. & MORAES, P.L.R. 1996. Morfologia e anatomia das sementes de acerola (*Malpighia glabra* L. – Malpigiaceae). *Revista Ceres* 43:597-610.
- O'BRIEN, T.P., FEDER, N. & MCCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59: 368-373.
- PAOLI, A.A.S. 1997. Morfo-anatomia de frutos e sementes de *Lophantera lactescens* Ducke (Malpigiaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 19:238-244.
- RITZEROW, H. 1908. Über Bau und Befruchtung kleistogamer Blüten. *Flora, Regensburg*, 98:163-212 *apud* MAMEDE, M.C.H. 1993. Estudo comparativo de flores casmógamas, cleistógamas e de frutos de *Camarea affinis* St.-Hil. (Malpigiaceae). *Acta Botanica Brasilica* 7:21-31.
- SASS, J.E. 1951. Botanical microtechnique. Iowa State University, Ames.
- SINGH, B. 1959. Studies in the family Malpigiaceae. 1. The morphology of *Thryallis glauca* Kuntze. *Horticultural Advanced* 3:1-19.
- SOUTO, L.S. & OLIVEIRA, D.M.T. 2005. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpigiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 28:697-712.

- SUBBA RAO, A.M. 1939. Studies in the Malpighiaceae: I. Embryo-sac development and embryogeny in the genera *Hiptage*, *Banisteria* and *Stigmaphyllon*. Journal of the Indian Botanical Society 18:146-156.
- VON TEICHMAN, I. & VAN WYK, A.E. 1991. Trends in the evolution of dicotyledonous seeds based on character associations, with special reference to pachychalazy and recalcitrance. Botanical Journal of the Linnean Society 105:211-237.
- WERKER, 1997. Seed anatomy. Gebrüder Borntraeger, Berlin. (Handbuch der Pflanzenanatomie).

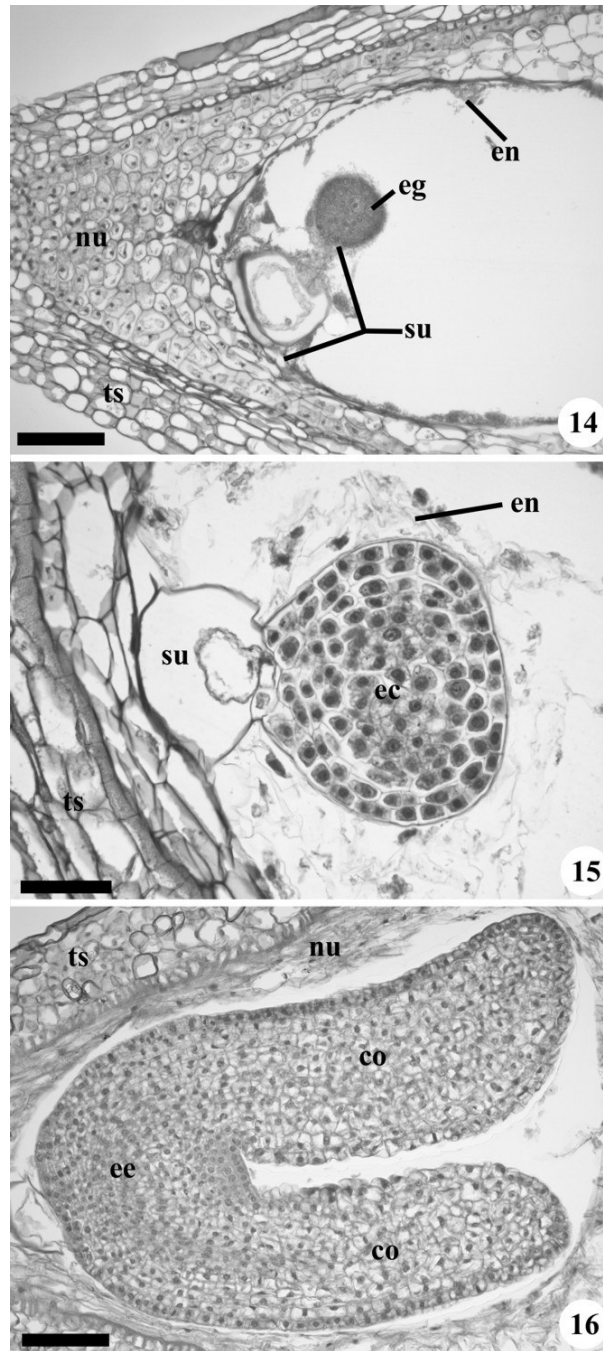
**FIGURAS**



Figuras 1-8. Óvulos retirados de botões florais e flores em antese de *Banisteriopsis campestris* (Adr. Jussieu) E.L. Little (2, 4), *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (1, 3, 7), *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (6, 8) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (5). Secções longitudinais (1-2, 4-8). Secção transversal (3). 1. Vista geral do ovário, mostrando o óvulo pêndulo em placentação axial. 2. Aspecto geral do óvulo, destacando a projeção do nucelo pela micrópila (ponta de seta = extremidade do tegumento interno; seta = extremidade do tegumento externo). 3. Vista geral da região da calaza. 4. Detalhe dos tegumentos e nucelo, próximos à calaza. 5. Detalhe da micrópila, mostrando a projeção do nucelo e o tegumento interno mais curto que o externo. 6. Detalhe do obturador, evidenciado o contato direto deste com as células projetadas do nucelo. 7. Detalhe da calaza, com compostos fenólicos caracterizando a hipóstase (seta). 8. Detalhe de óvulo retirado de botão floral; notar a presença de núcleos livres do endosperma (seta) e do zigoto embrionário voltado para a região micropilar (ponta de seta). (ca = calaza; fu = funículo; fv = feixe vascular; lo = lóculo; mg = megagametofito; nu = nucelo; ob = obturador; pn = projeção do nucelo; po = parede ovariana; te = tegumento externo; ti = tegumento interno). Barras = 500  $\mu$ m (1), 150  $\mu$ m (2-3), 100  $\mu$ m (5-6), 50  $\mu$ m (4, 7-8).

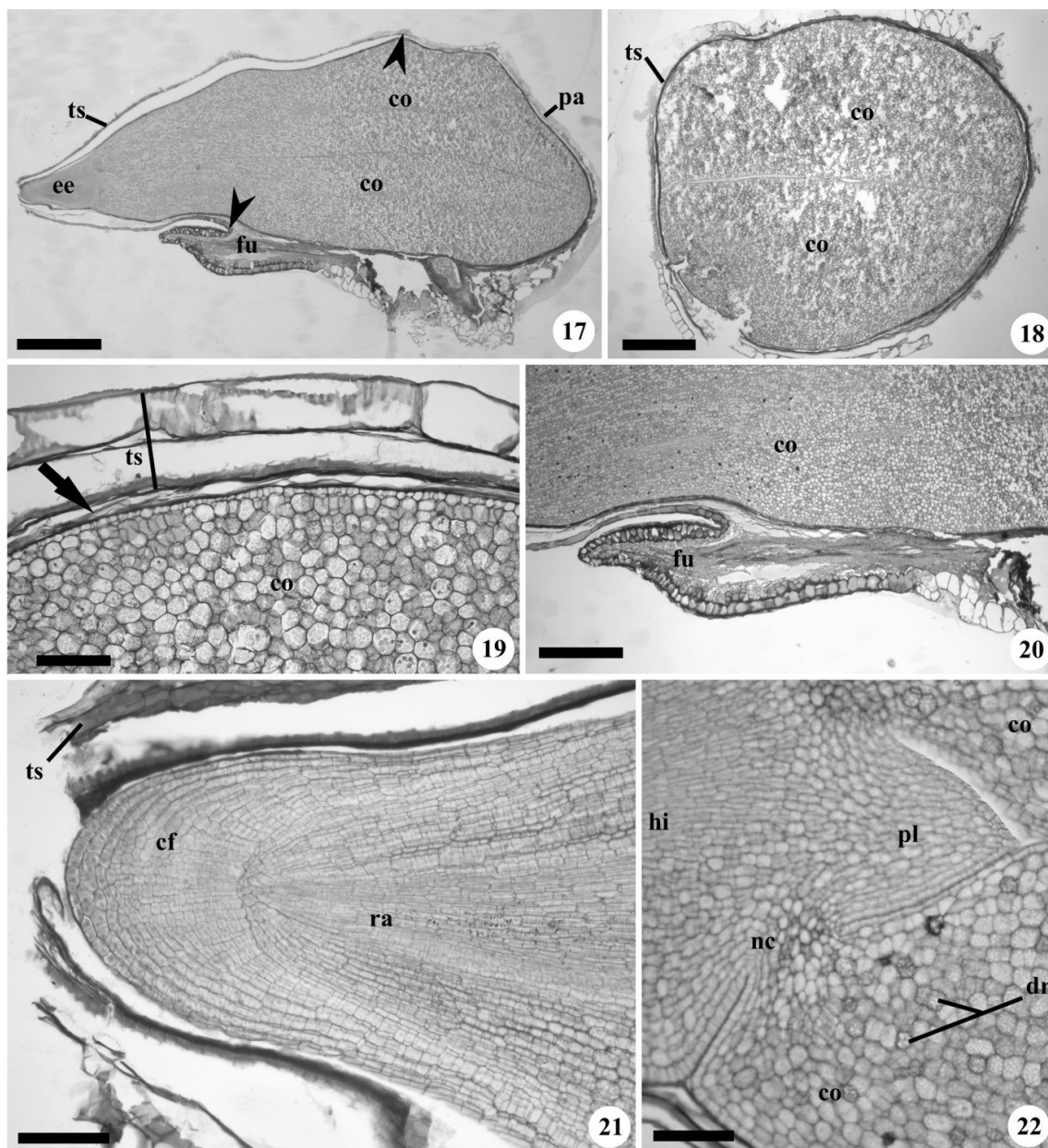


Figuras 9-13. Semente em desenvolvimento de *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (10-12) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (9, 13). Seções longitudinais. 9-10. Vista geral. 9. Semente contendo embrião globular (asterisco). 10. Semente com embrião em torpeda; no envoltório, notar a presença da testa e paquicalaza (ponta de seta = delimitação entre testa e paquicalaza). 11. Detalhe dos tegumentos no início do desenvolvimento da semente, quando ainda é possível individualizar testa e tégmen. 12. Detalhe dos tegumentos, mostrando células que começam a colapsar (seta) e células fenólicas oriundas do exotégmen (ponta de seta). 13. Detalhe do nucelo, observando-se a ocorrência de divisões celulares (ponta de seta). (ca = calaza; co = cotilédone; ee = eixo embrionário; en = endosperma; nu = nucelo; pa = paquicalaza; tg = tégmen; ts = testa). Barras = 2 mm (10), 500 µm (9), 100 µm (13), 50 µm (11-12).



Figuras 14-16. Semente em desenvolvimento de *Banisteriopsis stellaris* (Grisebach.) B. Gates (14), *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates (15) e *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W.R. Anderson & C.Cav. Davis (16). Secções longitudinais. 14. Detalhe da região micropilar, mostrando o embrião globular acompanhado de nítido suspensor. 15. Embrião cordiforme, ainda observando-se o suspensor. 16. Embrião na forma de torpedo, com eixo embrionário e cotilédones em alongamento. (co = cotilédone; ec = embrião cordiforme; ee = eixo embrionário; eg = embrião globular; en = endosperma; nu = nucelo; su = suspensor; ts = testa). Barras = 100  $\mu$ m (14, 16), 50  $\mu$ m (15).





Figuras 17-22. Semente madura de *Banisteriopsis oxyclada* (Adr. Jussieu) B. Gates. Seções longitudinais (17, 19-22). Seção transversal (18). 17-18. Vista geral (ponta de seta = delimitação entre testa e paquicalaza). 19. Detalhe da testa e cotilédone; notar resquícios de células nucleares (seta). 20. Detalhe da região hilar. 21. Detalhe da radícula; observar a testa colapsada e o arranjo radial das células da coifa. 22. Detalhe do nó-cotiledonar; notar a plúmula sem indício de primórdios foliares e a ausência de epicótilo. (cf = coifa; co = cotilédone; dr = drusa; ee = eixo embrionário; fu = funículo; hi = hypocótilo; nc = nó cotiledonar; pa = paquicalaza; pl = plúmula; ra = radícula; ts = testa). Barras = 1 mm (17), 500 µm (18, 20), 100 µm (19, 21-22).

### Considerações finais

Os frutos das três espécies de *Banisteriopsis* analisadas mostraram-se muito similares entre si, tanto nos aspectos estruturais quanto no seu desenvolvimento, mostrando uma posição muito próxima filogeneticamente. Já o fruto de *Diplopterys*, apesar de apresentar características gerais comuns aos de *Banisteriopsis*, diferiu destes em alguns pontos. A ocorrência de alélulas no núcleo seminífero, a constituição do mesofilo ovariano, diferenciado já na flor em antese, a ausência de lignificação do mesocarpo interno durante o desenvolvimento e a intensa proliferação do endocarpo formando o “seed cushion” foram as principais características distintivas entre as espécies dos dois gêneros. As diferenças aqui destacadas corroboram os estudos moleculares que propuseram a mudança de *B. pubipetala*, espécie válida à época em que foi elaborado o projeto deste trabalho, para o gênero *Diplopterys*, sob *D. pubipetala*.

Um caráter que parece ser característico dos frutos das Malpighiaceae e que foi encontrado nas quatro espécies analisadas é a presença de um estrato esclerenquimático na região interna do pericarpo, de origem mesocárpica e/ou endocárpica, que independe da consistência do pericarpo e do tipo de fruto formado.

O registro de “seed cushion” é novo para a família, entretanto acredita-se que esta característica possa ser encontrada em outras espécies do grupo; é possível que sua presença não tenha sido registrada pela carência de estudos anatômicos e ontogenéticos, principalmente de frutos alados das Malpighiaceae.

Quanto às sementes das espécies estudadas, verifica-se que elas são muito semelhantes entre si, não apresentando diferenças nem entre as espécies nem entre os gêneros estudados. De acordo com a literatura especializada, este fato é esperado visto que as sementes são os órgãos mais conservadores entre as estruturas reprodutivas.

A estrutura e o desenvolvimento das sementes das três espécies de *Banisteriopsis* e de *D. pubipetala* apresentam características gerais das Malpighiaceae, como a ocorrência de um óvulo por lóculo, em placentação axial, bitegmentado, crassinucelado, com nucelo amplo e projetado pela micrópila; sementes pequenas, com tegumento reduzido e cotilédones amplos. Entretanto, a ocorrência de obturador nos óvulos, não havia sido registrada na literatura para espécies da família, mostrando a importância de estudos estruturais detalhados como os aqui realizados.

Chama atenção a presença de zigoto embrionário estabelecido já nos óvulos de botões florais, mostrando a importância de trabalhos futuros com embriologia *stricto sensu*, para verificar se a origem desse embrião é apomítica ou por autofecundação.

É importante destacar que, embora a morfologia do embrião nas Malpighiaceae seja muito variável, a ocorrência de cotilédones espessos e bem desenvolvidos, com abundância de reserva lipídica parece ser constante na família, tendo sido registrada neste trabalho e para outras espécies de Malpighiaceae encontradas na literatura.

### Referências bibliográficas

- AMORIM, A.M. 2002. Five new species of *Heteropterys* (Malpighiaceae) from Central and South America. *Brittonia* 54:217-232.
- ANDERSON, C. 1982. A monograph of the genus *Peixotoa* (Malpighiaceae). *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 15:1-92.
- ANDERSON, W.R. 1975. The taxonomy of *Acmanthera* (Malpighiaceae). *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 11:41-50.
- ANDERSON, W.R. 1977. Byrsonimoideae, a new subfamily of the Malpighiaceae. *Leandra* 7:5-18.
- ANDERSON, W.R. 1979a. Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica* 11:219-223.
- ANDERSON, W.R. 1979b. *Mcvaughia*, a new genus of Malpighiaceae from Brazil. *Taxon* 28:157-161.
- ANDERSON, W.R. 1983. *Lophanthera*, a genus of Malpighiaceae new to Central America. *Brittonia* 35:37-41.
- ANDERSON, W.R. 1985. *Peregrina*, a genus new of Malpighiaceae from Brazil and Paraguay. *Systematic Botany* 10:303-307.
- ANDERSON, W.R. 1990a. The taxonomy of *Jubelina* (Malpighiaceae). *Contributions of the University of Michigan Herbarium* 19:341-354.
- ANDERSON, W.R. 1990b. 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. 1981. *Barnebya*, a new genus of Malpighiaceae from Brazil. *Brittonia* 33:275-284.
- BARROS, M.A.G. 1992. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* Rich (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Biologia* 52:343-353.
- BARROS, S.S.U. 2006. Morfoanatomia e ontogênese dos frutos e sementes de três espécies de Mimoseae (Fabaceae: Mimosoideae). Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Editora UFV, Viçosa.

- BEIGUELMAN, B. 1962. Considerações sobre a morfologia dos estomas de *Annona coriacea* Mart., *Byrsonima coccolobifolia* Kth., *Erythroxylum suberosum* St. Hil. e *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl. *Revista Brasileira de Biologia* 22:115-124.
- CASTRO, A.A.J.F., MARTINS, F.R., TAMASHIRO, J.Y. & SHEPHERD, G.J. 1999. How rich is a flora of brasilian cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86:192-224.
- CASTRO, M.A., VEGA, A.S. & MÚLGARA, M.E. 2001. Structure and ultrastructure of leaf and calyx glands in *Glaphimia brasiliensis* (Malpighiaceae). *American Journal of Botany* 88:1935-1944.
- CORNER, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. 2v. University Press, Cambridge.
- CORTINI, C. 1958. Sviluppo del gametofito femminile in *Malpighia fucata* Ker-Gawl. (Malpighiaceae). *Caryologia* 11:42-56.
- 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.
- DE-PAULA, O.C. 2006. Morfoanatomia e ontogênese de frutos e sementes de três espécies de *Chamaecrista* Moench (Fabaceae, Caesalpinoideae) de cerrado do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- DURIGAN, G., BAITELLO, J.B., FRANCO, F.A.D.C. & SIQUEIRA, M.F. 2004. Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada. Páginas & Letras Editora e Gráfica, São Paulo.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38:201-341.
- FERRACINI, M.C., FERLINI, R.F. & CAVASSAN, O. 1983. Composição florística de uma área de cerrado no município de Bauru, SP. *Salusvita* 2:1-9.
- FERREIRA, G.L. 1981. Anatomia foliar de *Peixotoa hispidula* A. Juss. (Malpighiaceae). *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro* 25:45-53.
- FERRI, M.G. 1980. *Vegetação brasileira*. Itatiaia, Belo Horizonte.
- GATES, B. 1982. *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). *Flora Neotropica Monographs* 30:1-236.
- GIBBS, P.E., LEITÃO FILHO, H.F. & SHEPHERD, G. 1983. Floristic composition and community structure in an area of cerrado in SE, Brazil. *Flora* 173:433-449.
- GOODLAND, R. & FERRI, M.G. 1979. *Ecologia do cerrado*. Itatiaia, Belo Horizonte.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOG, E.A. & STEVENS, P.F. 1999. *Plant Systematics: a phylogenetic approach*. Sinauer Associates, Sunderland.

- JULIO, P.G.S. 2003. Morfologia e anatomia dos frutos e sementes de *Styrax camporum* Pohl. (Styracaceae), espécie de cerrado do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- LASKOWSKI, L.E. & BAUTISTA, D. 1999. Características anatómicas de la flor del semeruco (*Malpighia emarginata* DC.). *Ernstia* 9:19-36.
- LASKOWSKI, L.E. & BAUTISTA, D. 2000. Características anatómicas y desarrollo del fruto del semeruco (*Malpighia emarginata* DC.). *Ernstia* 10:105-115.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. A flora arbórea dos cerrados do estado de São Paulo. *Hoehnea* 19:151-163.
- LIMA, H.C. 1989-90. Tribo Dalbergieae (Leguminosae Papilionoideae) – morfologia dos frutos, sementes e plântulas e sua aplicação na sistemática. *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro* 30:1-42.
- LOMBELLO, R.A. & FORNI-MARTINS, E.R. 2003. Malpighiaceae correlations between habit, fruit type and basic chromosome number. *Acta Botanica Brasilica* 17:171-178.
- LORENZO, E. 1981. Sobre la inflorescencia, morfología floral y embriología de *Janusia guaranitica* (Malpighiaceae). *Kurtziana* 14:101-124.
- MAMEDE, M.C.H. 1990. Revisão do gênero *Camarea* Saint-Hilaire (Malpighiaceae). *Hoehnea* 17:1-34.
- MARTINS, M.A.G. 2006. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e sementes de *Vernonia brevifolia* Less. e *V. herbacea* (Vell.) Rusby (Asteraceae). Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S. & NOGUEIRA, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.289-556.
- MORTON, C.V. 1968. A typification of some subfamily, seccional, and subseccional names in the family Malpighiaceae. *Taxon* 17:314-324.
- NACIF, S.R., GUARDIA, M.C. & MORAES, P.L.R. 1996. Morfologia e anatomia das sementes de acerola (*Malpighia glabra* L. – Malpighiaceae). *Revista Ceres* 43:597-610.
- NAKAMURA, A.T. 2003. Morfologia e anatomia dos frutos e sementes de três espécies de *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) de cerrado do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- NIEDENZU, f. 1928. Malpighiaceae *In* Das Pflanzenreich IV (A. Engler) 141:1-870 *apud* GATES, B. 1982. *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). *Flora Neotropica Monographs* 30:1-236.
- OLIVEIRA, D.M.T. & PAIVA, E.A.S. 2005. Anatomy and ontogeny of *Pterodon emarginatus* (Fabaceae: Faboideae) seed. *Brazilian Journal of Biology* 65:483-494.
- PAIVA, E.A.S. & OLIVEIRA, D.M.T. 2004. Ontogenesis of the fruit pulp layer of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (Fabaceae: Caesalpinoideae). *Australian Journal of Botany* 52:677-683.
- PAOLI, A.A.S. 1997. Morfo-anatomia de frutos e sementes de *Lophantera lactescens* Ducke (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 19:238-244.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The brasilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.
- RIZZINI, C.T. 1976. Tratado de fitogeografia do Brasil. HUCITEC, EDUSP, São Paulo.
- SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. 1998. Cerrado: ambiente e flora. Embrapa – CPAC, Brasília.
- SERRA-FILHO, R., CAVALLI, A.C. GUILLAUMON, J.R., CHIARINI, J.V., NOGUEIRA, F.P., IVANCKO, C.M.A.M., BARBIERI, J.L., DONZELI, P.L., COELHO, A.G.S. & BITTENCOURT, I. 1974. Levantamento da cobertura natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. Instituto Florestal, São Paulo. (Boletim Técnico nº 11).
- SIGRIST, M.R. & SAZIMA, M. 2004. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical Malpighiaceae: stigma morphology and its implications for the breeding system. *Annals of Botany* 9:33-41.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., MORAWETZ, W. & GOTTSBERGER, G. 1977. Frost damage of cerrado plants in Botucatu, Brazil, as related to the geographical distribution of the species. *Biotropica* 9:253-261.
- SOUTO, L.S. & OLIVEIRA, D.M.T. 2005. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 28:697-712.
- SUBBA RAO, A.M. 1939. Studies in the Malpighiaceae: I. Embryo-sac development and embryogeny in the genera *Hiptage*, *Banisteria* and *Stigmaphyllon*. *Journal of the Indian Botanical Society* 18:146-156.
- SUBRAMANIAN, R.B., ARUMUGASAMY, K. & INAMDAR, J.A. 1990. Studies in the secretory glands of *Hiptage sericea* (Malpighiaceae). *Nordic Journal of Botany* 10:57-62.
- TEIXEIRA, L.A.G. & MACHADO, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica* 14:347-357.

- TOLEDO-FILHO, D.V., LEITÃO FILHO, H.F. & RODRIGUES, T.S. 1984. Composição florística de área de cerrado em Mogi-Mirin (SP). Boletim Técnico do Instituto Florestal 38:165-175.
- VICTOR, M.A.M. 1975. A devastação florestal. Sociedade Brasileira de Silvicultura, São Paulo.
- VOGEL, S. 1990. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. Memoirs of the New York Botanical Garden 55:130-142.
- ZORZETO, R., FIORAVANTI, C. & FERRONI, M. 2003. A floresta renasce. Pesquisa Fapesp 91:41-53.