

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE BOTUCATU  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DE FRUTOS E SEMENTES DE TRÊS  
ESPÉCIES DE *CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE, CAESALPINIOIDEAE)  
DE CERRADO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**ORLANDO CAVALARI DE PAULA**

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

**BOTUCATU - SP  
- 2006 -**

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE BOTUCATU  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DE FRUTOS E SEMENTES DE TRÊS  
ESPÉCIES DE *CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE, CAESALPINIOIDEAE)  
DE CERRADO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**ORLANDO CAVALARI DE PAULA**

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

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

**BOTUCATU - SP  
- 2006 -**

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*

De-Paula, Orlando Cavalari.

Morfoanatomia e ontogênese de frutos e sementes de três espécies de *Chamaecrista* Moench (Fabaceae, Caesalpinioideae) de cerrado do Estado de São Paulo / Orlando Cavalari de Paula. – 2006.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2006.

Orientadora: Denise Maria Trombert Oliveira

Assunto CAPES: 20300000

1. Anatomia vegetal 2. Morfologia vegetal 3. Botânica

CDD 581.4

Palavras-chave: Anatomia; Cerrado; Morfologia; Pericarpo; Semente

**A Nivana,  
Orlando e  
Amanda**

**Dedico**

**É preciso força pra sonhar  
e perceber que a estrada vai  
além do que se vê.**

**Camelo, M. Ventura. 1999.**

## **AGRADECIMENTOS**

---

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Maria Trombert de Oliveira, pela orientação nesses mais de quatro anos; e ainda pelo apoio, confiança, liberdade, reconhecimento e carinho, que deixarão saudades.

Aos meus mestres, pela instrução, que me conduziram neste caminho.

A minha família, pelo apoio incondicional, inclusive financeiro.

Aos meus amigos, pela compreensão e apoio.

Ao Sr. Paulo Roberto Cardoso, pelo fornecimento de material, imprescindível no início do desenvolvimento desse trabalho.

Ao Sr. Nivaldi Antônio Basso, do Centro de Microscopia Eletrônica, IB, UNESP, Botucatu, pelo processamento do material analisado em microscopia eletrônica de varredura.

Ao Msc. Rubens Teixeira Queiroz, pela prontidão em identificar as espécies estudadas.

A Juliana, João, Shirlayne, pela ajuda, principalmente nas referências e coletas.

Ao Sr. Clemente José Campos, pelo auxílio nas coletas.

Ao Sr. Kleber Alexandre Campos, pelo reconhecimento e ajuda no laboratório.

Aos funcionários, alunos e professores do departamento, que sempre estiveram prontos em ajudar.

À Marlene, Malu e Selma Maria, funcionárias da biblioteca, pela paciência e disposição em atender.

A todas as outras pessoas, que não participaram diretamente nesta dissertação, mas muito presentes em minha vida.

À Fapesp, pelo auxílio financeiro ao projeto.

## SUMÁRIO

---

	Página
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUÇÃO.....	3
REVISÃO DE LITERATURA.....	5
1. A Família Fabaceae.....	5
2. A subtribo Cassiinae.....	5
3. Generalidades sobre as espécies em estudo.....	8
4. Cerrado.....	10
5. Frutos.....	11
6. Semente.....	14
CAPÍTULO I - Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de três espécies de <i>Chamaecrista</i> Moench (Fabaceae, Caesalpinioideae).....	17
Resumo.....	18
Introdução.....	18
Material e métodos.....	19
Resultados.....	20
Discussão.....	23
Referências bibliográficas.....	26
Ilustrações.....	29
CAPÍTULO II - Pleurogramas múltiplos em <i>Chamaecrista</i> Moench (Fabaceae: Caesalpinioideae).....	37
Resumo.....	38
Introdução.....	38
Material e métodos.....	39
Resultados.....	40
Discussão.....	41
Referências bibliográficas.....	42
Ilustrações.....	45
CAPÍTULO III - Anatomia da região sub-hilar de sementes de três espécies de <i>Chamaecrista</i> Moench (Fabaceae: Caesalpinioideae).....	48
Introdução.....	49

Material e métodos.....	49
Resultados.....	50
Discussão.....	51
Referências bibliográficas.....	52
Ilustrações.....	53
CAPÍTULO IV - Ocorrência de coléteres em embriões de três espécies de <i>Chamaecrista</i> Moench (Fabaceae: Caesalpinioideae).....	55
Introdução.....	56
Material e métodos.....	56
Resultados.....	57
Discussão.....	58
Referências bibliográficas.....	58
Ilustrações.....	61
CAPÍTULO V - Morfoanatomia e ontogênese da semente de três espécies de <i>Chamaecrista</i> Moench (Fabaceae, Caesalpinioideae).....	63
Resumo.....	64
Introdução.....	64
Material e métodos.....	65
Resultados.....	66
Discussão.....	69
Referências bibliográficas.....	72
Ilustrações.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85



DE-PAULA, O.C. MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DE FRUTOS E SEMENTES DE TRÊS ESPÉCIES DE *CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE, CAESALPINIOIDEAE) DE CERRADO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2006. 93P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, BOTUCATU.

**RESUMO** – As Fabaceae são a família mais rica do cerrado, contando com 101 gêneros e 777 espécies e o gênero *Chamaecrista* é o mais numeroso, listando-se 100 espécies. Ainda assim, o gênero é muito pouco conhecido; não são encontrados trabalhos relativos à estrutura do pericarpo e, no que tange às sementes, o levantamento recuperou apenas um trabalho. O presente estudo visa a realizar um estudo estrutural com espécies de *Chamaecrista* (Fabaceae, Caesalpinioideae), ocorrentes nos cerrados do Estado de São Paulo; mais especificamente, objetiva analisar a morfologia, anatomia e ontogênese de frutos e sementes de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby, buscando verificar a ocorrência de padrões estruturais relacionados ao cerrado. Para isto, foram utilizadas técnicas usuais de processamento em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura. As três espécies apresentam estrutura bastante uniforme, tanto no pericarpo quanto na semente. Os frutos são legumes típicos e, no pericarpo, foram observados aspectos comuns às leguminosas, sendo destacadas características ancestrais (como a folha carpelar fendida), xeromórficas (cutícula espessa, presença de tricomas na epiderme ovariana e no exocarpo, células comuns com paredes anticlinais retas, hipoderme, presença de cristais de oxalato de cálcio e calotas de fibras gelatinosas externas aos feixes dorsal e ventrais) e anti-herbivoria (acúmulo de compostos fenólicos e segmentação pericárpica). Na semente, também foram observadas características comuns à família, como o caráter unitegumentado e a testa de estrutura padrão, com paliçada bem diferenciada. São sementes albuminosas e o endosperma é mucilaginoso. As reservas seminais, tanto endospermica quanto cotiledonar, são lipídicas e protéicas, aumentando as chances de sucesso no estabelecimento de suas plântulas em ambientes restritivos como os que as espécies de *Chamaecrista* estão adaptadas. O embrião possui certo grau de diferenciação, destacando-se a presença de primórdio de coifa, cotilédones foliáceos com primórdios de estômatos e plúmula bastante conspícua. Além dessas características, foram observadas três estruturas inéditas: a presença de pleurogramas múltiplos na lateral do tegumento; a ocorrência de tecido sub-hilar traqueoidal, com espessamentos pécticos; e a formação de coléteres nas axilas dos cotilédones, próximos à plúmula nos embriões.

**Palavras-chave:** pericarpo, tegumento, embrião, morfologia, anatomia, cerrado

DE-PAULA, O.C. **MORPHOLOGY, ANATOMY AND ONTOGENY OF FRUITS AND SEEDS OF THREE SPECIES OF *CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE, CAESALPINIOIDEAE) OF THE “CERRADO” OF SÃO PAULO STATE.** 2006. 93P.  
MS THESIS – BIOSCIENCES INSTITUTE, UNESP – SÃO PAULO STATE UNIVERSITY, BOTUCATU.

**ABSTRACT** – Fabaceae is the richest family, with 101 genera and 777 species, *Chamaecrista* is the most numerous genus of cerrado, with 100 species. However, the genus is very little known; works about pericarp structure are not found, and only one work refers to the seed anatomy. We aim to accomplish a structural analysis of species of *Chamaecrista* (Fabaceae, Caesalpinioideae), occurring in the cerrado of the São Paulo State; more specifically, we intend to analyze the morphology, anatomy and ontogeny of fruits and seeds of *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene and *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby, searching to verify the occurrence of ordinary structural standards in these plants and to indicate similarities with other species of Fabaceae and of the “cerrado”. For this, usual techniques of light microscopy and scanning electronic microscopy had been used. The three species present uniform structure in the pericarp and in the seed. The fruits are typical legumes and common aspects of the leguminous species have been observed in the pericarp. We detached ancestral characteristics (as the opened carpel), xeromorphic (thick cuticle, presence of trichomes in ovarian epidermis and exocarp, common cells with straight anticlinal walls, hypodermis, presence of calcium oxalate crystals and groups of gelatinous fibres external to dorsal and ventral bundles) and antiherbivory (phenolic compounds accumulation and pericarpic segmentation). In the seed, we have also observed typical Fabaceae traits, as the unitegmic condition and the standard structure of the testa, with well differentiated palisade. The seeds are albuminous and the endosperm is mucilaginous. The seminal reserves (endospermic and cotyledonal) have lipids and proteins, increasing the possibilities of success during seedling establishment in restrictive environments, as that the *Chamaecrista* species are adapted. The embryo has certain degree of differentiation: presence of root cap primordium, foliaceous cotyledons with developing stomata, and conspicuous plumule. Beyond these characteristics, three unknown structures are detached: the presence of multiple pleurograms in the lateral of the seed coat; the occurrence of sub-hilar tracheoid tissue, accumulating pectic substances; and the formation of colleters in the cotyledons axils, next to the plumule in the embryos.

**Key words:** pericarp, seed coat, embryo, morphology, anatomy, cerrado

## INTRODUÇÃO

---

As Fabaceae (Leguminosae) são a terceira maior família entre as angiospermas, contendo 730 gêneros e 19.400 espécies de distribuição cosmopolita (Lewis *et al.* 2005). Classicamente, a família é dividida em três subfamílias (Judd *et al.* 1999): Caesalpinioideae, Faboideae (Papilionoideae) e Mimosoideae.

Dentre os aspectos estruturais, destaca-se a acentuada diversidade de frutos em leguminosas é acentuada. Barroso *et al.* (1999) descreveram 14 tipos de frutos, sendo que o legume prevalece. Apesar da literatura registrar muitos trabalhos sobre os frutos e sementes da família, que são poucos em relação ao número de gêneros e espécies.

A subtribo Cassiinae (Caesalpinioideae) é resultado da divisão do gênero *Cassia* L., que resultou em três gêneros *Cassia sensu stricto*, *Chamaecrista* e *Senna*, os quais são separados por características discretas de acordo com Irwin & Barneby (1982). *Cassia* possui cerca de 30 espécies de distribuição circuntropical, abrangendo América, África, Madagascar, Ásia, Malásia e Austrália. *Senna* conta com cerca de 240 espécies, também de distribuição circuntropical prevalecendo nas Américas, sendo bem representado na África e Austrália e mais raro na Ásia e Oceania; algumas poucas espécies estendem-se por climas quentes e desérticos, por vezes ocorrendo em regiões temperadas do norte e sul das Américas. *Chamaecrista* apresenta aproximadamente 250 espécies principalmente neotropicais, centradas especialmente no leste do Brasil (Irwin & Barneby 1981). Segundo os autores, os gêneros distinguiram-se por um longo período, visto que os gêneros *Senna* e *Chamaecrista* são encontrados atualmente na África e América do Sul, embora não representados por todas as espécies. Estudos sobre anatomia de frutos e sementes de Cassiinae são restritos a espécies indianas e arbóreas (Suri & Deshpande 1981, Sahai *et al.*, 1997, Sahai 1999, Sahai 2001).

O gênero *Chamaecrista* pertence à família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae, tribo Cassieae, subtribo Cassiinae (Irwin & Barneby 1981). A etimologia da palavra *Chamaecrista* vem do latim *chamai* que significa anão, baixo e *crista* do grego que significa crista (De Faria *et al.* 1989). Segundo o levantamento de Mendonça *et al.* (1998), o gênero *Chamaecrista* é o mais numeroso do cerrado, possuindo 100 espécies registradas. Os mesmos autores destacam que a família Fabaceae é a mais rica do bioma, contando com 101 gêneros e 777 espécies.

Morfologicamente, o fruto de *Chamaecrista* é descrito como um legume plano-comprimido, muito raramente alado ao longo da sutura, elasticamente deiscente, com valvas retorcidas papiráceas a coriáceas, pouco lignificadas a rígidas. As sementes são descritas

como trapezóides, sem pleurograma, com a testa fina e pintalgada, onde as pintas são dispostas em linhas verticais (Irwin & Barneby 1976).

Trabalhos sobre anatomia de frutos de *Chamaecrista* não foram encontrados. Com relação as sementes, os dados disponíveis são escassos sendo, observado um único trabalho sobre o desenvolvimento da semente de *Cassia cathartica*, sinônimo de *Chamaecrista cathartica* (Souza 1977).

Para este trabalho foram selecionadas *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby, as quais são encontradas com grande frequência nos cerrados da região de Botucatu, Estado de São Paulo. São espécies arbustivas, que ocorrem agrupadas, sendo encontradas também em regiões degradadas e em solos arenosos.

O objetivo geral desta proposta é realizar um estudo estrutural com frutos e sementes de espécies de *Chamaecrista*, buscando verificar a ocorrência de padrões estruturais comuns à família Fabaceae e ao bioma cerrado.

## REVISÃO DE LITERATURA

---

### 1. A Família Fabaceae

As Fabaceae (Leguminosae) são classicamente divididas em três subfamílias (Judd *et al.* 1999): Caesalpinioideae, Faboideae (Papilionoideae) e Mimosoideae. Cronquist (1981) e Dahlgren (1983) elevaram os três grupos à categoria de famílias denominando-as Caesalpiniaceae, Fabaceae (Papilionaceae) e Mimosaceae, compondo a ordem Fabales. Atualmente, com estudos moleculares, a família encontra-se em um estado transicional e são reconhecidos quatro grupos dentro de Fabaceae: Caesalpinioideae, Cercideae, Faboideae (Papilionoideae) e Mimosoideae (APG II 2003). Neste trabalho, foi adotado o sistema de Judd *et al.* (1999), que combina análises morfológicas e moleculares.

As Fabaceae são consideradas monofiléticas por diversos autores (Bruneau *et al.* 2001, Kajita *et al.* 2001, Wojciechowski *et al.* 2004, Wojciechowski 2003, Lavin *et al.* 2005). Dickison (1981), analisando características morfológicas, sugere a proximidade das leguminosas com as famílias Connaraceae e Sapindaceae. Análises moleculares mostram a proximidade com as famílias Surianaceae e Polygalaceae e o gênero *Quillaja*, em que alguns membros possuem flores com simetria bilateral, semelhante à subfamília Faboideae (Soltis *et al.* 2000).

A subfamília Caesalpinioideae é composta por 161 gêneros e cerca de 3.000 espécies predominantemente tropicais (Lewis *et al.* 2005), sendo dividida, no sentido amplo em cinco tribos: Caesalpinieae, Cassieae, Cercideae, Detarieae e Macrolobieae (Breteler 1995). Apesar de discordâncias entre as relações dos membros da subfamília Caesalpinioideae, há consenso quando se trata de sua posição polifilética (Lavin *et al.* 2005). A subfamília Mimosoideae, considerada como monofilética (Lavin *et al.* 2005), possui 80 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies ocupando, especialmente, regiões tropicais e temperadas (Lewis *et al.* 2005). Na subfamília Faboideae, também considerada como monofilética (Lavin *et al.* 2005), são descritos 476 gêneros e 13.860 espécies de ocorrência cosmopolita, especialmente, em climas temperados (Lewis *et al.* 2005).

### 2. A subtribo Cassiinae

Análises moleculares desenvolvidas por Doyle *et al.* (1997, 2000) e Kajita *et al.* (2001) sugerem que a subtribo Cassiinae não é monofilética, sendo *Chamaecrista* e *Senna* tidos como grupos irmãos e *Cassia* considerado um clado distinto. Bruneau *et al.* (2001) apontam *Chamaecrista* como um grupo separado e incluem *Senna* e *Cassia* no mesmo ramo.

Análises morfológicas apontam similaridades e diferenças entre os três gêneros. *Cassia* possui inflorescências dispostas em racemos axilares com muitas flores, às vezes caulifloras; as pétalas são amarelas, rosas ou vermelhas, sub-zigomorfas, sendo o vexilo interno no botão; o pedicelo possui duas bractéolas na base: o androceu é decâmero com estames e estaminódios, sendo a maior concentração de peças na face inferior da flor; anteras têm formato sigmoidal, com deiscência apical. *Senna* possui inflorescências do tipo racemo ou corimbo, variando de uma a muitas flores; o pedicelo não possui brácteas; as pétalas são amarelas ou raramente brancas, sub-zigomorfas ou heteromórficas, sendo o vexilo encontrado mais internamente no botão; o androceu tem cinco a dez estames funcionais e anteras com deiscência apical. *Chamaecrista* possui racemos com uma a muitas flores, sésseis ou pediceladas, com a presença de duas bractéolas terminais ou medianas; as pétalas têm coloração amarela, às vezes marcadas com vermelho, sendo a vexilar mantida internamente no botão; o androceu possui de dois a dez estames funcionais dispostos, desigualmente na flor, e anteras com deiscência apical (Irwin & Barneby 1981).

Tucker (1996) destaca a subtribo como possuidora de diferenças e similaridades na morfologia e desenvolvimento floral nos três gêneros. Na ontogenia floral, a subtribo difere na posição das flores na inflorescência, presença de bractéola, posição da sépala inicial, ordem da iniciação das pétalas, sobreposição entre verticilos, morfologia da antera na época de iniciação do carpelo. As similaridades são observadas na coloração amarela das pétalas, estames heteromórficos, anteras com deiscência poricida, polinização por abelhas e estigma em câmara. Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (1988) associam a forma do gineceu a diferentes polinizadores. Apesar das diferenças morfológicas no gineceu, a polinização em Cassiinae é similar e é apontada por Irwin & Barneby (1981) e Tucker (1996) como uma convergência adaptativa.

As raízes de *Chamaecrista* possuem nodulação interna nos tecidos da raiz, diferindo da encontrada em Caesalpinioideae (Whitty *et al.* 1994; Sprent 2000).

### 3. Generalidades sobre as espécies em estudo\*

*Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip  
var. *latistipula* (Benth.) GP. Lewis

**Sinônimo:** *Cassia latistipula* Benth.

Nomes populares: mata-pasto, empenada (Lorenzi 2000), sene (Durigan *et al.* 2004).

**Descrição:** Segundo Conceição *et al.* (2003), a espécie é caracterizada por ter hábito subarbustivo com ramos ascendentes, cerca de um metro de altura, glabro e pouco ramificado. Estípulas largas, nervadas, suborbiculares a oblongas revestindo os ramos. Foliolos orbiculares a oblongos, semelhantes às estípulas. Frutos encurvados, linear-oblongos, com valvas cartáceas e pubescentes. Segundo Irwin & Barneby (1982) a espécie ocorre na Cadeia do Espinhaço nos estados de Minas Gerais e Bahia e nos estados de Goiás, Mato Grosso, Rondônia e Paraná, chegando até Paraguai e Argentina. No estado de São Paulo, ocorrem principalmente em ambientes perturbados, em regiões de cerrados e em outros biomas (Durigan *et al.* 2004).



Aspecto geral do hábito de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*



Detalhe do ramo de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula* em fase reprodutiva

\* Ilustrações das páginas 7-9 foram retiradas de: Lorenzi, H. 2000. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas e tóxicas*. 3.ed. edição. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum.



*Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene

**Sinonímia:** *Cassia flexuosa* L. e *Chamaecrista amplistipulata* Rose

Nomes populares: mimosa, peninha, maria-dorme, fedegoso-de-folha-miúda, mata-pasto, sensitiva, mimosa-sensitiva (Lorenzi 2000); mimosa (Durigan *et al.* 2004).

**Descrição:** subarbusto ascendente, com cerca de 50 centímetros de altura, pubescente e pouco ramificado, com caule quadrangular em ziguezague. Estípulas deltóides, nervadas, verdes quando jovens e marrom quando adultas, de base cordata e ápice aristado. Folhas dísticas com nectários, folíolos cartáceos, oblongos lanceolados. Frutos linear-oblongos, com valvas tomentosas, cartáceas e marrons. Segundo Irwin & Barneby (1982), a espécie possui ampla distribuição geográfica, ocorre desde o sul do Texas e Cuba até o norte da Argentina. No estado de São Paulo, ocorre em fisionomias campestres de cerrado típico sendo freqüente em áreas perturbadas.



Aspecto geral do hábito de *Chamaecrista flexuosa*



Detalhe do ramo de *Chamaecrista flexuosa* em fase reprodutiva



*Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby

**Sinonímia:** *Cassia nictitans* Collad.

**Nomes populares:** peninha, falsa-dormideira, mata-pasto, falsa-sensitiva (Lorenzi 2000).

**Descrição:** subarbusto ascendente, com cerca de 30 centímetros de altura, pubescente e pouco ramificado. Estípulas deltóides, nervadas, verdes, de base cordada e ápice aristado. Folhas dísticas com nectários, folíolos, cartáceos, oblongo-lanceolado. Folhas e frutos com pedúnculo muito curto. Frutos linear-oblongos, com valvas tomentosas, cartáceas e marrons. Segundo Irwin & Barneby (1982), a espécie ocorre no México, Costa Rica, Belize, Cuba, Jamaica, Panamá, Venezuela, Guianas, Colômbia, Peru, Bolívia, Andes, Hiléia Amazônica, Brasil, Paraguai e Argentina. Para o estado de São Paulo, não é encontrada literatura que apóie a ocorrência da espécie, sendo esta muito freqüente em cerrados típicos na região de Botucatu, principalmente, em áreas degradadas.



Aspecto geral do hábito de *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*



Detalhe do ramo de *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria* em fase reprodutiva

#### 4. Cerrado

Os cerrados cobrem uma área que, segundo diversos autores, chegou a abranger entre 20 a 25% do território nacional (Joly 1970, Hueck 1978, Ferri 1980, Ratter *et al.* 1997). Esse tipo de vegetação é definido por Martius (Ferri 1980) como dominante da província Oréades apresentando uma área “core” (Eiten 1972) no Planalto Central Brasileiro, cobrindo o Estado de Goiás e o Distrito Federal, a região oeste de Minas Gerais e da Bahia e o leste de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul, além de uma área periférica, disjunta, que abrange parte da Amazônia, de vários estados nordestinos, de São Paulo e do Paraná, atingindo o leste do Paraguai (Cavassan 1990).

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% de território paulista; entretanto, aerofotografias obtidas no período 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). Segundo Cesar (1988), em 1976, apenas 4,18% da vegetação do Estado correspondia a áreas de cerrado e hoje este percentual restringe-se a cerca 1% da vegetação original (Zorzeto *et al.* 2003).

Os cerrados apresentam um gradiente fisionômico que, segundo Coutinho (1978), varia desde uma paisagem campestre (os campos limpos) até uma paisagem com aspecto florestal (os cerradões), intermediada pelos campos sujos, campos cerrados e cerrado senso estrito. A paisagem se complementa com florestas ciliares ou de galeria ao longo dos cursos d'água que percorrem essas formações.

Dada a extensão dos cerrados, não pode falar numa estreita correlação entre esse bioma e um determinado tipo de clima, embora em sua área principal predominante o clima tropical, com alternância bem marcada entre as estações chuvosa e seca, que dura de três a quatro meses. Entre os fatores intimamente associados à ocorrência dos cerrados estão a profundidade do lençol freático, o tipo de solo e a natureza da rocha-mãe e a ação antrópica. Do estudo da relação entre os cerrados e desses fatores, surgiram diferentes teorias que tentam explicar a origem desse ecossistema. Embora todas elas apresentem evidências incontestáveis, destacam-se as teorias, climática, antrópica e pedológica (Rizzini 1976).

Os cerrados se caracterizam pela presença de dois estratos na vegetação: um estrato arborescente, mais ou menos contínuo e aberto, formado por árvores baixas, de troncos e galhos retorcidos, com casca espessa, e um estrato baixo e descontínuo, constituído por subarbustos, gramíneas e ervas. As árvores atingem usualmente 2 a 6 m e a cobertura do

solo pode ultrapassar, por vezes, um metro de altura, mas, em geral, é de cerca de 30 a 50 cm (Rizzini 1976).

Segundo Mendonça *et al.* (1998), a riqueza da flora vascular do cerrado é notável, especialmente entre espécies de pequeno porte (ervas, subarbustos e arbustos) que abrangem de 4.276 espécies de angiospermas. Mesmo diante desta diversidade, as espécies de pequeno porte são muito pouco estudadas em diversos aspectos, principalmente estruturais.

O conhecimento incompleto da flora como um todo e as informações esparsas e restritas a pequeno número de espécies dificultam qualquer tentativa de criação de um esquema racional para preservação dos cerrados e identificação de áreas particularmente críticas (Castro *et al.* 1999).

Embora muitas das adaptações estruturais das plantas de cerrado sejam conhecidas, as informações 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 referências esporádicas a essas espécies em trabalhos mais amplos como os de Lima (1989-1990), Carmello-Guerreiro (1996) e Oliveira (1999); mais recentemente, esforços concentrados nos cerrados do estado de São Paulo produziram incrementos nos estudos de frutos e sementes de espécies de Asteraceae (Martins 2006), Erythroxylaceae (Nakamura 2003), Fabaceae (Paiva & Oliveira 2004, Oliveira & Paiva 2005, Pinto 2005), Malpighiaceae (Souto & Oliveira 2005), Styracaceae (Julio 2004), entre outros.

## 5. Frutos

A definição de fruto é um assunto controverso na literatura botânica. Entretanto, para as leguminosas, aplica-se a definição clássica proposta por Gaertner (1788), que determina o fruto como o ovário maduro.

Esau (1974) destaca que o ovário possui tecidos pouco diferenciados. Tucker (1996) chama a atenção para a presença de carpelos abertos em fases iniciais do desenvolvimento de leguminosas, e associa o fechamento da folha carpelar à ontogênese. O.C. De-Paula & D.M.T. Oliveira (dados não publicados), estudando seis espécies de Cassiinae, relatam a ocorrência de variados graus de fechamento carpelar na subtribo.

As fases mais relevantes do desenvolvimento dos frutos incluem divisões e crescimento celular (Nitsch 1953). Nos frutos secos, o início do desenvolvimento é dado pela instalação de atividade do meristema adaxial (Roth 1977). Como o desenvolvimento

dos frutos secos pode ser multiplicativo, Roth (1977) associa a diferenciação das camadas do pericarpo ao seu desenvolvimento; assim, a epiderme externa dá origem ao exocarpo, o mesofilo ovariano origina o mesocarpo e a epiderme interna produz o endocarpo.

Analisando a literatura referente às Fabaceae, observam-se dois padrões de desenvolvimento dos frutos. No primeiro, o pericarpo desenvolve-se anteriormente à semente (Souza 1984, Oliveira & Beltrati 1993) e, no segundo, o pericarpo e a semente desenvolvem-se concomitantemente (Martins & Oliveira 2001, Nakamura & Oliveira 2005).

Anatomicamente, considera-se que o fruto das leguminosas apresenta um padrão estrutural (Fahn & Zohary 1955, Esau 1974, Roth 1977, Pate & Kuo 1981, Fahn 1990). Fahn & Zohary (1955), analisando o pericarpo de 100 espécies de leguminosas, generalizam que o pericarpo é constituído por epiderme, um tecido parenquimatoso com células de paredes espessadas, seguidas por um tecido esclerenquimatoso, variando entre gêneros e espécies; esse estrato é seguido por poucas camadas de células parenquimatosas, terminadas por uma epiderme interna. Em adição, os feixes vasculares são acompanhados por elementos esclerenquimáticos longitudinalmente dispostos na região externa do parênquima.

Esau (1974) caracteriza o pericarpo dos legumes como sendo composto por exocarpo unisseriado, podendo apresentar células subepidérmicas, ambas espessadas, mesocarpo parenquimático com células de parede delgada e endocarpo de paredes espessadas.

Segundo Fahn (1990), a anatomia do pericarpo de Fabaceae consiste de um exocarpo unisseriado, mesocarpo parenquimático espesso e endocarpo com esclerênquima e mais internamente, uma camada parenquimática. Os feixes vasculares situam-se no mesocarpo e, podem ser acompanhados por tecido esclerenquimático. Apesar da uniformidade, a estrutura do pericarpo dos frutos de leguminosas possui diferenças nas camadas e na estrutura de suas células.

Roth (1977) descreve o pericarpo das leguminosas dividido em camadas: uma camada simples constituindo a epiderme externa; a hipoderme, que pode ser constituída por esclerênquima seguido, internamente, por parênquima; o endocarpo, eventualmente composto por uma parte externa esclerenquimática e uma interna parenquimática, denominada *seed-cushion* pela autora.

Segundo Pate & Kuo (1981), o exocarpo consiste usualmente na epiderme, mas pode também incluir uma hipoderme com uma ou mais camadas de células de paredes espessadas. Camadas de células de paredes finas e com grandes vacúolos compreendem o

corpo do mesocarpo, sendo que as camadas mais externas possuem cloroplastos bem desenvolvidos que contêm a clorofila da vagem e, geralmente, na região mais externa, ocorrem reservas abundantes de amido. Os feixes principais estão inseridos no parênquima do mesocarpo, geralmente na região mediana desta camada. O endocarpo consiste de uma região externa de esclerênquima que, na desidratação da vagem, contribui para sua deiscência, e uma epiderme interna, com células de paredes pouco espessadas, que propiciam uma cavidade interna de gases no fruto.

Devido ao padrão estrutural apresentado pelo pericarpo das leguminosas e suas sutis diferenças, os pesquisadores destacam a possibilidade de estudos taxonômicos baseados na anatomia de seus frutos.

Como a definição de fruto, a conceituação de determinados tipos de frutos é controvertida na literatura, sendo destacados os trabalhos de Spjut (1994) e Barroso *et al.* (1999). Roth (1977) define o legume como cápsula, considerando-o distinguível do folículo pela deiscência dorsal; associa, ainda, o tipo de fruto como típico das leguminosas. Spjut (1994) define o legume como fruto folicular, aberto por ambas as suturas, com sementes marginais e geralmente provenientes de ovário com muitos óvulos; o autor caracterizou-o como fruto típico das Fabales. Barroso *et al.* (1999) definem o legume como fruto originado de ovário súpero, unicarpelar, deiscente no ponto de junção das bordas do carpelo e na região dorsal, sobre a nervura mediana, formando duas valvas; os autores também destacam-no como fruto típico das leguminosas.

Apesar do legume prevalecer entre as Fabaceae, Barroso *et al.* (1999) descrevem 14 tipos de frutos ocorrentes na família, incluindo folículo, legume, criptolomento, craspédio, sacelo, lomento, criptossâmara, legume bacóide, legume nucóide, legume drupáceo, núcula, sâmara, drupa. Apesar da prevalência dos legumes, não se pode afirmar se há vantagem adaptativa proporcionada pela morfologia do legume. Alguns trabalhos têm explorado aspectos filogenéticos dos frutos das Fabaceae, destacando-se Fahn & Zohary (1955), que associam a evolução dos frutos no grupo à mudança na orientação das células esclerenquimáticas do endocarpo, culminando na indeiscência e maior proteção da semente. Heyn (1968), além de associar a evolução dos frutos de Fabaceae à indeiscência, acrescenta que ocorre o encurtamento da vagem e a diminuição do número de sementes por fruto. Dudik (1981) também relaciona a indeiscência e a redução do número de sementes como caracteres derivados entre os frutos de leguminosas. O autor ainda destaca o fruto folicular com muitas sementes, unilocular e o pericarpo livre da semente como forma ancestral e frutos indeiscentes, articulados, com uma semente, transversalmente septados e de

pericarpo adnato à semente como formas derivadas; ainda são caracterizadas formas intermediárias entre as acima citadas.

## 6. Semente

A definição de semente também entra na lista de assuntos controversos na literatura botânica. Para angiospermas, uma boa definição de semente é proposta por Eames (1961), que considera semente toda estrutura que contenha ao menos um embrião em algum estágio de desenvolvimento.

Os óvulos de leguminosas são anátropos ou mais ou menos campilótopos, bitegmentados e crassinucelados. O tegumento externo possui de duas a dez camadas de células de parede pouco espessadas e o tegumento interno possui cerca de duas a três camadas de células de mesma natureza (Corner 1976).

O desenvolvimento do tegumento das sementes de leguminosas é normalmente multiplicativo. Como se observam divisões periclinais que aumentam o número de camadas no desenvolvimento das sementes do grupo, necessita-se de uma análise ontogenética para o estudo das regiões do tegumento. Corner (1951) define a testa como originária do tegumento externo e o tégmen como originário do tegumento interno. As sementes de Fabaceae são caracterizadas pelo autor como testais, ou seja, compostas pelo desenvolvimento do tegumento externo, no qual pode-se individualizar a exotesta, produzida pela epiderme externa, a mesotesta, originada do mesofilo tegumentar, e a endotesta, constituída a partir da epiderme interna.

Nas leguminosas o tegumento interno, é tido como totalmente reabsorvido (Pitot 1935b, Boelcke 1946, Eames & MacDaniels 1947, Corner 1951, Sterling 1954, Takao 1962); mais recentemente, diversos autores têm ressaltado a existência de algum grau de remanescência do tégmen (Deshpande & Untawale 1971, Souza 1977, Manning & Van Staden 1987, Crestana & Beltrati 1988, Souza 1988, Martins & Oliveira 2001, Oliveira & Paiva 2005).

A anatomia do tegumento é um assunto que desperta muito interesse entre os pesquisadores, sendo que, nas leguminosas, ocorre um padrão estrutural de valor taxonômico que consta de um estrato mucilaginoso, camada em paliçada, camada hipodérmica de células em ampulheta, mesotesta com células pétreas e endotesta diferenciada em células em ampulheta ou semelhantes à mesotesta (Netolitzky 1926, Corner 1951, 1976, Werker *et al.* 1973, Gunn 1981, Werker 1997).

Apesar de amplamente estudado, algumas regiões do tegumento de Fabaceae têm sido negligenciadas, como o pleurograma e a lente. O pleurograma, também denominado

*linea sutura* (Capitaine 1912), *face lines* (Isely 1955), *linea fissura* (Boelcke 1946), é definido por Corner (1976) como uma área especial, localizada lateralmente nas sementes, delimitada por uma linha definida. Gunn (1981) associa o pleurograma à desidratação das sementes de Mimosoideae e Caesalpinioideae. O pleurograma de Mimosoideae é aberto, em forma de U; em Caesalpinioideae, o pleurograma é fechado e circular (Gunn 1981). Anatomicamente, o pleurograma também possui diferenças entre as duas subfamílias. Em Mimosoideae, o pleurograma consiste de uma interrupção nas células em paliçada e, em Caesalpinioideae, é dado por uma diferença na altura dessas células (Corner 1951, 1976). A literatura considera que, em Caesalpinioideae, o pleurograma é restrito ao gênero *Senna*.

Já a lente é todo reforço de tecido normal de sementes, situado entre o hilo e a calaza, na trajetória do principal feixe vascular (Pitot 1935a). Na literatura, são encontrados sinônimos como estrofiolo (Pijl 1982), *marca raphelale*, *plug hilar* e *rapheole* (Cavanagh 1980). A função da lente relaciona-se à permeabilidade da semente à água, visto que o tegumento das leguminosas é tido como impermeável (Hamly 1932, Tran 1979, Gunn 1981).

Quanto ao endosperma, as sementes de leguminosas variam entre albuminosas e exalbuminosas (Corner 1951, 1976, Gunn 1981). Martin (1946) descreve o endosperma como duro, vítreo, opaco quando seco, com pequena reserva de amido. Vaughan (1970) descreve o endosperma como mucilaginoso, com reservas variadas. Ashton (1976) destaca a presença de proteínas e glicoproteínas no endosperma.

O valor taxonômico do embrião é destacado por diversos autores (De Candolle 1825, Compton 1912, Isely 1955, Bravato 1974, Gunn 1981, Polhill *et al.* 1981, Gunn 1984, Lima 1985, Kirkbride *et al.* 1994, Barroso *et al.* 1999, Oliveira 1999). Smith (1981) analisa a anatomia dos cotilédones em 728 gêneros de leguminosas, inclusive sua vascularização, ploidia, reserva e mobilização de nutrientes durante a germinação.

A evolução de sementes em Fabaceae é pouco estudada. Dudik (1981) caracteriza a semente anátropa, com hilo circular, alada, endospermica ou com arilo como ancestral; a semente campilótropa, com hilo elíptico ou linear, sem alas, nem arilo, com pouco ou nenhum endosperma é tida como a condição derivada.

A dureza do tegumento das leguminosas é considerada como uma das maiores vantagens adaptativas em leguminosas, já que sementes produzidas em um determinado período podem germinar em tempos diferentes. Esta dureza é dada pela drástica desidratação da semente ao final de seu desenvolvimento. Sendo assim, as estruturas responsáveis pela desidratação são associadas à evolução do grupo. Gunn (1981) cita a válvula putativa como responsável pela desidratação das sementes de Cercideae.

Entretanto, nesse trabalho, não é observada nenhuma ilustração sobre a estrutura ou nenhum trabalho de referência. Em Caesalpinioideae e Mimosoideae, o mesmo autor afirma que o pleurograma é responsável por tal processo, mas sem fazer referência a estudos experimentais que embasem o pressuposto. Em Faboideae, a desidratação das sementes é dada por modificações na estrutura do tecido sub-hilar, especialmente pela barra de traqueídes (Hyde 1954).

Trabalhos sobre a anatomia de sementes de *Chamaecrista* são escassos, sendo observado um único trabalho sobre a estrutura do tegumento de *Cassia cathartica*, sinônimo *Chamaecrista cathartica* (Souza 1977). O autor estudou a estrutura do tegumento e seu possível papel na absorção de água. Como resultado, o autor registrou que o tegumento da espécie em estudo tem estrutura variável conforme a altura da semente. O autor especula, ainda, que a ação da temperatura pode provocar o aumento das fissuras do tegumento, tornado-o permeável à água.



O trabalho foi dividido em cinco capítulos redigidos na forma de artigos científicos, conforme exigências deste Programa de Pós-graduação.

## CAPÍTULO I

### MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DO PERICARPO DE TRÊS ESPÉCIES DE *CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE, CAESALPINIOIDEAE)<sup>1</sup>

Orlando Cavalari De-Paula<sup>2</sup> e Denise Maria Trombert Oliveira<sup>2,3</sup>

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado de O.C. De-Paula, desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

<sup>2</sup> UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: denise@ibb.unesp.br

**RESUMO** – Foi estudado o desenvolvimento do pericarpo de três espécies de *Chamaecrista*, com o intuito de observar aspectos evolutivos e ecológicos do gênero. Frutos de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*, *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria* foram processados segundo técnicas usuais de anatomia e microscopia eletrônica de varredura. Foi observado um padrão estrutural entre as três espécies. O ovário possui formato elíptico em secção transversal, com uma pequena reentrância na região dorsal. A epiderme na região externa é unisseriada. O mesofilo possui duas regiões distintas: uma camada hipodérmica e uma região mais interna parenquimática. Vascularizando o ovário, encontram-se um feixe dorsal amplo e dois ventrais, com pequena diferenciação. Entre os feixes ventrais, observa-se a epiderme persistente do fechamento da folha carpelar. Na região interna, a epiderme é unisseriada, tornando-se papilosa na região de placentação. Os frutos são legumes estipitados de coloração marrom, dada pela presença de compostos fenólicos em todas as suas regiões. O exocarpo é unisseriado, composto por células cubóides recobertas por cutícula espessa e ornamentada; ocorrem estômatos e tricomas tectores pluricelulares e unisseriados. O mesocarpo é parenquimático, vascularizado por um feixe dorsal amplo e dois ventrais, acompanhados por camada de fibras, e ainda feixes laterais. Acompanhando os feixes e na camada mais interna do mesocarpo, ocorrem muitos idioblastos cristalíferos. O endocarpo externo é composto por duas faixas de fibras dispostas obliquamente, as quais são opostas entre as valvas. O endocarpo interno é parenquimático, formando falsos septos, que isolam cada semente. Os aspectos estruturais dos frutos de *Chamaecrista* destacam vários caracteres que denotam xeromorfismo e proteção contra herbivoria, como a cutícula espessa e ornamentada, presença de tricomas, conteúdo fenólico e cristais.

**PALAVRAS-CHAVE:** anatomia, desenvolvimento, fruto, morfologia, xeromorfismo

## INTRODUÇÃO

Fabaceae (Leguminosae) é a terceira maior família entre as angiospermas, contendo 730 gêneros e 19.400 espécies (Lewis *et al.* 2005). A subfamília Caesalpinioideae é composta por 161 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies, predominantemente tropicais (Lewis *et al.* 2005). O gênero *Chamaecrista* apresenta aproximadamente 250 espécies, principalmente neotropicais, centradas especialmente no leste do Brasil (Irwin & Barneby 1981). A etimologia da palavra *Chamaecrista* vem do latim *chamai* que significa anão, baixo e do grego *crista* que significa crista (De Faria *et al.* 1989).

Morfologicamente, o fruto de *Chamaecrista* é descrito como um legume plano-comprimido, muito raramente alado ao longo da sutura, elasticamente deiscente, com valvas retorcidas, papiráceas a coriáceas, pouco lignificadas ou duras (Polhill & Raven 1981).

Para a família Fabaceae, Barroso *et al.* (1999), em um trabalho amplo sobre a tipologia de frutos, descreveram 14 tipos de frutos, sendo que o legume prevalece. Entretanto, não se sabe se há vantagem adaptativa proporcionada pela morfologia do legume.

Fahn & Zohary (1955) relataram a estrutura do pericarpo de leguminosas e associaram a evolução dos frutos do grupo à mudança na orientação das células do endocarpo esclerenquimático e, conseqüentemente, à indeiscência. Heyn (1968), além de associar a evolução dos frutos de Fabaceae à indeiscência, acrescentou o encurtamento da vagem e a diminuição do número de sementes por fruto. Dudik (1981) também afirmou que a indeiscência e a redução do número de sementes estão relacionadas à evolução dos frutos. O autor ainda destacou o fruto folicular com muitas sementes, unilocular e o pericarpo livre da semente como formas ancestrais e o fruto indeiscente, articulado, com uma semente, transversalmente septado e com pericarpo adnato à semente como formas derivadas; foram destacadas, ainda, formas intermediárias.

O presente trabalho tem como objetivos realizar um estudo morfológico, anatômico e ontogenético do pericarpo de três espécies de *Chamaecrista*, comparar os caracteres encontrados nessas espécies com outros *taxa* da família e verificar a ocorrência de padrões estruturais associados à evolução do fruto nessas espécies, e relacionando-as ao bioma cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Ramos férteis de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip. var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) Irwin & Barneby foram coletados em fragmentos de cerrado nas proximidades do Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. O material foi herborizado e depositado no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujnicov” (BOTU) do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu, registrado sob os números 24.505, 24.506 e 24.507, respectivamente.

As características morfológicas dos frutos foram descritas e ilustradas, a partir de amostras de 50 unidades, coletadas de diferentes indivíduos, baseando-se em Roth (1977) e Barroso *et al.* (1999).

A análise da micromorfologia de superfície dos frutos foi realizada a partir do material fixado em glutaraldeído (2,5% em tampão fosfato 0,1M e pH 7,3 mantido a 4°C). O material processado foi montado em suportes de alumínio, metalizado com ouro e examinado em microscópio eletrônico de varredura Quanta 200 (FEI Company), sendo as imagens obtidas por captura digital.

Para os estudos anatômicos, ovários e frutos em diversas fases de desenvolvimento foram fixados em FAA 50 por 48 horas (Johansen 1940) e conservados em etanol a 70%. O material fixado foi desidratado em série etílica, incluído em metacrilato (Leica®) conforme indicação do fabricante, seccionado em micrótomo rotativo com 6 a 10 µm de espessura em diversos planos, corado com azul de toluidina 0,05%, pH 4,7 (O'Brien *et al.* 1964) e montado em resina sintética. As lâminas permanentes foram observadas em microscópio de luz Olympus BX41, sendo as imagens obtidas digitalmente.

Foram realizados testes histoquímicos a partir de secções a mão livre do material fresco: para evidenciar polissacarídeos e pectinas, utilizou-se vermelho de rutênio (Jensen 1962); para paredes lignificadas, floroglucinol acrescido de ácido clorídrico (Sass 1951); para substâncias lipídicas, Sudan IV; para amido, lugol; para compostos fenólicos, cloreto férrico acrescido de carbonato de sódio (Johansen 1940). O material foi montado em água e imediatamente observado em microscópio de luz Olympus BX41.

## RESULTADOS

A análise anatômica revelou um padrão estrutural nos pericarpos das três espécies estudadas, ocorrendo pequenas diferenças entre elas.

O ovário de flores em pré-antese possui formato elíptico em secção transversal, com uma pequena reentrância na região ventral (Figuras 1-3, 5-6). Em *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*, observam-se sutis constrições na região lateral do ovário (Figuras 3, 5).

A epiderme na região externa é unisseriada composta por células cubóides (Figuras 1, 3, 5), estômatos e tricomas unisseriados, multicelulares, com parede pouco espessada e citoplasma acumulando conteúdo fenólico. A densidade dos tricomas é variável nas três espécies, sendo que, em *C. desvauxii* var. *latistipula*, observam-se apenas primórdios de tricomas na região dorsal (Figura 1); em *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*, o ovário é piloso, ocorrendo maior densidade de tricomas em nesta última (Figuras 3, 5).

O mesofilo possui duas regiões mais ou menos distintas: uma camada hipodérmica e uma região mais interna. A hipoderme, menos distinta em *C. desvauxii* var. *latistipula*, é unisseriada, com células tendendo a cubóides, de maior tamanho e mais vacuoladas em

relação às demais. O restante do mesofilo é composto por células aproximadamente isodiamétricas, com citoplasma denso. Nesta região, vascularizando o ovário, encontram-se um feixe dorsal amplo e dois ventrais, com baixo grau de diferenciação de seus tecidos (Figuras 1, 3, 5). Entre os feixes ventrais, observa-se a epiderme persistente do fechamento da folha carpelar, dando continuidade à epiderme na região externa e interna (Figuras 1-3, 5-6).

A epiderme na região interna também é unisseriada, com células cubóides de conteúdo mais denso e de menor tamanho em relação à epiderme na região externa (Figuras 1, 3, 5). Na região de placentação, a epiderme apresenta-se papilosa.

Decorrida a fecundação, observa-se uma mudança na coloração da corola de amarelo para rosa, seguida pelo murchamento e abscisão do cálice, corola, androceu e estilete em *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*. Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, observa-se, após a fecundação, a queda de cálice, corola e androceu. Nesta espécie, o estilete sofre abscisão mais tardia, quando o fruto já se encontra em desenvolvimento.

Paralelamente às mudanças descritas acima, o pericarpo inicia seu desenvolvimento, ocorrendo divisões celulares. No exocarpo, observam-se divisões anticlinais, acompanhando o crescimento do fruto. Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, diferenciam-se novos tricomas tanto na região dorsal quanto ventral (Figura 7). No mesocarpo, as divisões ocorrem em vários planos, exceto na hipoderme, onde são observadas somente divisões anticlinais. Nesta fase, a vascularização é dada pelos feixes dorsal e ventrais, e ainda é observado o início de diferenciação de feixes laterais (Figuras 7, 9, 11). A partir dessas divisões, o contato entre a região externa e interna, dado pela epiderme entre os feixes ventrais no ovário, torna-se indistinto.

Na região lateral, a epiderme interna apresenta divisões periclinais e anticlinais, originando duas camadas de células que voltam a se dividir em ambos os planos (Figura 13).

Na região dorsal e ventral do endocarpo, a epiderme interna mantém-se unisseriada (Figuras 8, 10, 12-13). Na região de placentação, observa-se a presença de secreção péctica, proveniente das células papilosas (Figura 12).

Devido às divisões, o formato do fruto jovem em secção transversal de *C. desvauxii* var. *latistipula* (Figura 7) e *C. nictitans* var. *patellaria* (Figura 11) difere do ovário. Os frutos tornam-se achatados lateralmente, observando-se uma constrição na região lateral mais acentuada próximo à região dorsal. Verifica-se, também, a presença de uma reentrância na extremidade dorsal e na ventral, definindo a região de deiscência.

Durante a fase de alongamento e diferenciação, o fruto assume seu tamanho final. No exocarpo, observa-se o início de deposição de compostos pécticos na parede periclinal

externa. Em *C. nictitans* var. *patellaria* observa-se a diferenciação de novos tricomas (Figuras 20, 21).

A hipoderme mantém-se unisseriada, com pequeno espessamento das paredes periclinais (Figuras 17, 21). O mesocarpo interno mostra pequena diferenciação, possuindo células com acúmulo de grãos de amido próximos aos feixes. Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, o mesocarpo na região externa exibe um aumento de espaços intercelulares.

O endocarpo apresenta duas regiões distintas. No endocarpo externo, ocorre a diferenciação de células alongadas (Figuras 14-21). Na região entre sementes, o endocarpo interno das duas valvas entra em contato (Figuras 14, 16, 19).

Os frutos maduros são legumes, estipitados, plano-comprimidos, de pericarpo delgado, fibroso e segmentado (Figuras 22-27). Em *C. desvauxii* var. *latistipula* e *C. nictitans* var. *patellaria*, a coloração do pericarpo é marrom e, em *C. flexuosa*, é marrom-avermelhada. Em deiscência, o fruto apresenta valvas retorcidas, expondo a segmentação na região interna, a qual individualiza as sementes (Figuras 23, 25, 27). Nas regiões basal e apical do fruto, observa-se uma nítida compressão da cavidade seminal, abrigando sementes menores. As sementes estão dispostas em série única, isoladas umas das outras pelo endocarpo interno (Figuras 23, 25, 27).

A densidade de tricomas é outro caráter variável entre as espécies em estudo, inclusive na maturidade. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula* possui menor densidade de tricomas, sendo eles encontrados preferencialmente nas margens (Figuras 28-30). *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria* possui maior densidade de tricomas, encontrados, em sua maioria, nas margens (Figuras 36-39). Exibindo densidade de tricomas intermediária, *C. flexuosa* segue o mesmo padrão de distribuição (Figuras 32-35). Nas três espécies, observam-se células epidérmicas comuns ornamentadas com aspecto verrucoso (Figuras 31, 35, 40-41, 48, 55), o que também se dá com os tricomas tectores (Figuras 30, 35, 39). Os estômatos apresentam-se como poros abertos nas três espécies estudadas (Figuras 31, 35, 37, 40). As ornamentações não são observadas nas células subsidiárias de *C. desvauxii* var. *latistipula* (Figura 31) e nas células-guarda dos estômatos das espécies estudadas (Figuras 31, 35, 40).

Em todas as regiões do pericarpo é observado conteúdo fenólico. O exocarpo mantém-se unisseriado com cutícula espessa e ornamentada (Figuras 41, 48, 55).

A hipoderme apresenta-se paredes periclinais espessas em *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria* (Figuras 51, 58). Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, a hipoderme permanece indiferenciada na lateral e pouco espessada nas regiões dorsal e ventral (Figuras 44, 46). Nas três espécies, o restante do mesocarpo apresenta-se parenquimático, tornando-se fibroso na

região dos feixes dorsal e ventrais (Figuras 45-46, 52-53). Idioblastos contendo cristais prismáticos de oxalato de cálcio são observados nas proximidades das fibras dos feixes (Figuras 46, 52) e do endocarpo (Figuras 50, 54, 58). Em *C. desvauxii* var. *latistipula* e *C. nictitans* var. *patellaria*, observam-se, na região externa aos feixes, fibras gelatinosas (Figuras 45-46, 59-60).

O endocarpo externo possui duas regiões distintas em relação à disposição das fibras, sendo a mais externa transversal e a mais interna oblíqua em relação ao eixo do fruto e em orientações antagônicas nas duas valvas (Figuras 44, 47, 51, 54, 58, 61). O endocarpo interno é parenquimático com número de camadas e formato celular variáveis: unisseriada em sua maior extensão e com células cubóides lateralmente à semente (Figuras 43, 51, 58); multisseriada, com células extensas alongadas perpendicularmente à lateral e internas cubóides entre sementes (Figuras 47, 54, 61) e junto às faces dorsal (Figura 53) e ventral. No endocarpo interno de *C. nictitans* var. *patellaria*, também se observam cristais prismáticos (Figura 61).

O aparelho de deiscência das espécies em estudo é composto pelas fibras do endocarpo externo e pelo tecido de separação. Na maturidade, devido à desidratação, as fibras do endocarpo interno geram uma tração entre as duas valvas que, associada à região de fragilidade do pericarpo no tecido de separação, culmina na deiscência ventral e dorsal desses frutos.

## DISCUSSÃO

A folha carpelar fendida, observada no ovário das espécies estudadas de *Chamaecrista*, é um caráter ancestral proveniente do surgimento do ovário a partir de uma folha modificada. Tucker & Kantz (2001) destacam que primórdios de carpelos abertos são comuns em Caesalpinioideae e ocorrem mais raramente em Faboideae e Mimosoideae.

Besouros da família Burchidae são registrados como predadores de sementes em 32 famílias, e, em sua maioria, são encontrados em Fabaceae. A especificidade de hospedeiros de leguminosas em Caesalpinioideae e Mimosoideae é de 100% das espécies estudadas, em Faboideae varia de 71,4% a 100%. Em *Cassia sensu lato*, a especificidade é genérica, sendo que todos os besouros encontrados nos frutos são pertencentes ao gênero *Senni* (Johnson 1981). Tal relação supõe uma possível coevolução de besouros burquídeos com a família Fabaceae, refletindo na evolução dos frutos de leguminosas, visto que sua especificidade diminui com evolução da família, culminando em Faboideae que possui menos especificidade.



A ontogênese dos frutos de leguminosas é dada, em muitos casos, pelo desenvolvimento do pericarpo anteriormente à semente (Souza 1984, Oliveira & Beltrati 1993). Em primeira instância, interpreta-se que tal padrão de desenvolvimento protegeria a semente contra predadores, visto que o pericarpo funciona como uma barreira física. Estratégias mais derivadas contra a predação da semente envolvem o desenvolvimento do pericarpo e a semente concomitantemente, diminuindo as chances de geração de um nicho para as larvas de besouros na cavidade do fruto, como encontrado nas espécies em estudo.

Plantas expostas à baixa disponibilidade de recursos investem mais em defesas quantitativas, inclusive taninos (Coley *et al.* 1985, Lorio 1986, Herms & Mattson 1992). Compostos fenólicos, especialmente taninos, protegem as plantas contra fungos e bactérias primariamente, mas também são considerados importantes contra a herbivoria (Roth 1977, Rosenthal & Janzen 1979, Swain 1979). Madeira *et al.* (1998) não observaram variação de concentrações de tanino em *Chamaecrista linearifolia* (Fabaceae) ao longo de um gradiente altitudinal em uma área de cerrado. Tais observações indicam que a produção de compostos fenólicos pode ter uma origem genética e não ecológica.

A definição de fruto é controversa na literatura botânica. Entretanto, para leguminosas, aplica-se a definição clássica proposta por Gaertner (1688), que considera-o como o ovário maduro. O fruto das *Chamaecrista* é definido como originado de ovário súpero, unicarpelar, deiscente no ponto de junção das bordas do carpelo e na região dorsal, onde se encontra a nervura mediana, formando duas valvas, típico das leguminosas (Barroso *et al.* 1999). Os mesmos autores descreve 14 tipos de frutos para a família, sendo que o legume prevalece. Porém, não se observam trabalhos que discutam possíveis vantagens adaptativas na morfologia do legume. É provável que a forma achatada desses frutos e a redução da cavidade seminal, dada pela proliferação do parênquima endocárpico interno, diminua as chances de sucesso de larvas que se desenvolvem internamente ao fruto. No bioma cerrado, onde são intensas as pressões de herbivoria, pode-se inferir que o legume com segmentação intensa represente vantagem adaptativa para essas plantas.

A evolução dos frutos de leguminosas é associada à diminuição do número de sementes (Heyn 1968, Dudik 1981). Nas espécies em estudo, embora os frutos sejam polispérmicos, observa-se o início da redução do número de sementes resultante da compressão do pericarpo nas regiões apical e basal.

A retenção do estilete na estrutura madura dos frutos de leguminosas e a segmentação estão associadas a frutos mais derivados (Dudik 1981). Em *C. desvauxii* var. *latistipula* observa-se a persistência do estilete até o início da diferenciação celular do fruto maduro.

Anatomicamente, considera-se que o fruto das leguminosas apresenta um padrão que consta de exocarpo unisseriado, mesocarpo parenquimático, geralmente com uma camada hipodérmica, endocarpo externo esclerenquimático e endocarpo interno parenquimatoso (Fahn & Zohary 1955, Esau 1974, Roth 1977, Pate & Kuo 1981, Fahn 1990).

Fahn & Cutler (1992) destacam a epiderme com cutícula espessa, células pequenas, paredes anticlinais retas e conteúdo fenólico como características xeromórficas. Tais aspectos são encontrados no exocarpo das espécies analisadas de *Chamaecrista*. A ocorrência de tricomas em frutos é associada à proteção mecânica e à redução da transpiração, principalmente em frutos jovens, e os estômatos têm sido relacionados à respiração (Roth 1977). Nos legumes, os estômatos parecem estar relacionados também à desidratação do pericarpo e deiscência do fruto, visto que permanecem como poros abertos na maturidade.

Em folhas, a hipoderme é responsável pela retenção de água no mesofilo (Fahn & Cutler 1992). A presença de hipoderme é característica de diversos frutos, sendo que, quando colenquimatosa, é associada a frutos carnosos. Nos legumes, a hipoderme é altamente diferenciada, aumentando a resistência mecânica do pericarpo.

Fahn & Cutler (1992) associam tecidos esclerenquimáticos acompanhando os feixes como característica xeromórfica. Fibras gelatinosas são comumente presentes no xilema secundário de plantas de cerrado e são associadas à retenção de água (Paviani 1978). Nas espécies em estudo, as fibras gelatinosas associadas aos feixes vasculares podem estar relacionadas à prevenção da deiscência precoce desses frutos, visto que essas espécies ocorrem, normalmente, em regiões secas e têm amplo estrato esclerenquimático interno que, por contração, produz a deiscência.

A disposição do estrato esclerenquimático das espécies em estudo é semelhante ao de *Archidendron lucyi*, *Archidendron vaillantii*, *Calycotome villosa*, *Enterolobium* sp e *Hymenocarpus circinnatus*, considerados como formas ancestrais dentro da família (Fahn & Zohary 1955).

Cristais de oxalato de cálcio são observados em todas as plantas, desde pequenas algas a gimnospermas e angiospermas. Suas funções podem estar associadas à regulação de cálcio, proteção contra predação e desintoxicação de metais pesados, inclusive o alumínio (Franceschi & Nakata 2005).

Finalmente, conclui-se que, dentre os aspectos estruturais dos frutos de *Chamaecrista*, destacam-se vários caracteres que denotam ancestralidade, xeromorfismo e proteção anti-herbivoria. Quanto aos aspectos evolutivos, o fruto inicia-se com uma característica ancestral, a folha carpelar aberta, e termina em um legume, forma intermediária na evolução da família.

O estrato esclerenquimático também apresenta disposição ancestral. Entretanto, o formato achatado do fruto e a segmentação aparecem como características derivadas, conferindo provável vantagem adaptativa, visto que poderiam diminuir a possibilidade de geração de nichos para larvas de coleópteros, conhecidos predadores de sementes da família Fabaceae.

### AGRADECIMENTOS

Ao M.Sc. Rubens Teixeira Queiroz, pela identificação das plantas, e ao Sr. Nivaldi Antônio Basso, do Centro de Microscopia Eletrônica, IB, UNESP, Botucatu, pelo processamento do material analisado em microscopia eletrônica de varredura. À FAPESP, Programa BIOTA (proc. nº 00/12469-3), pelo apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

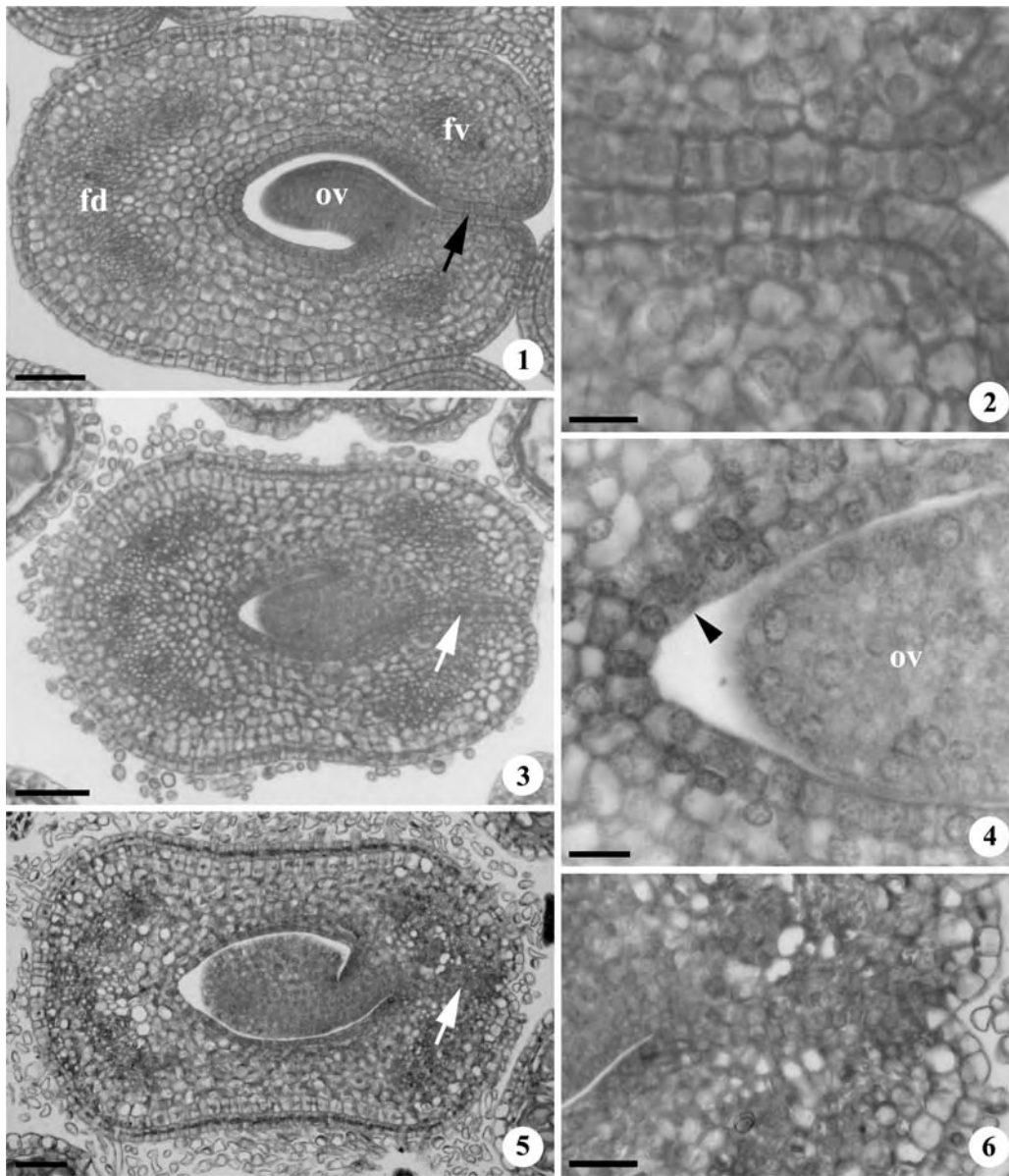
- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa, Editora UFV.
- COLEY, P.D., BRYANT, J.P. & CHAPIN, F.S.III. 1985. Resource availability and plant antiherbivory defense. *Science* 230: 895-899.
- DE FARIA, S.M., LEWIS G.P., SPRENT J.I. & SUTHERLAND J.M. 1989. Occurrence of nodulation in the Leguminosae. *New Phytologist* 111: 607-619.
- DUDIĆ, N.M. 1981. Morphology of the pods of Leguminales (Fabales). *In* *Advances in legume systematics. Part 2* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright.
- ESAU, K. 1974. Anatomia de plantas com sementes. Edgard Blücher, São Paulo.
- FAHN, A. 1990. Plant anatomy. 4th ed. Pergamon Press, Oxford.
- FAHN, A. & CUTLER, D.F. 1992. Xerophytes. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- FAHN, A. & ZOHARY, M. 1955. On the pericarpial structure of the legumen, its evolution and relation to dehiscence. *Phytomorphology* 5: 99-111.
- FRANCESCHI, V.R. & NAKATA, P.A. 2005. Calcium oxalate in plants: formation and function. *Annual Review of Plant Biology* 56: 41-71.
- GAERTNER, J. 1688. De fructibus et seminibus plantarum. v.I. *apud* ROTH, I. 1977. Fruits of Angiosperms. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- HERMS, D.A. & MATTSON, W.J. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly Review in Biology* 67: 283-335.

- HEYN, C.C. 1968. An evolution study of fruit morphology in the tribe Trigonelleae (Leguminosae). *Phytomorphology* 18: 54-59.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1981. Tribe 2. Cassieae Bronn (1822). *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.97-106.
- JENSEN, W.A. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. San Francisco, W.H. Freeman.
- JOHANSEN, D.A. 1940. Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book.
- JOHNSON, C.D. 1981 Seed beetle host specificity and the systematics of the Leguminosae. *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.995-1027.
- LEWIS, G., SCHRIRE, B., MACKINDER, B. & LOCK, M. (eds.). 2005. Legumes of the world. Kew, Royal Botanic Gardens.
- LORIO, P.L. Jr. 1986. Growth-differentiation balance: a basis for understanding southern pine beetle-tree interactions. *Forest Ecological Management* 14: 259-273.
- MADEIRA, J.A., RIBEIRO, K.T. & FERNANDES, G.W. 1998. Herbivory, tannins and sclerophylly in *Chamaecrista linearifolia* (Fabaceae) along an altitudinal gradient. *Brazilian Journal of Ecology* 2: 24-29.
- O'BRIEN, T.P., FEDER, N. & MCCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59: 368-373.
- OLIVEIRA, D.M.T. & BELTRATI, C.M. 1993. Aspectos anatômicos dos frutos e sementes em desenvolvimento de *Inga fagifolia* (Fabaceae: Mimosoideae). *Revista Brasileira de Biologia* 53: 625-636.
- PATE, J.S. & KUO, J. 1981. Anatomical studies of legume pods – a possible tool in taxonomic research. *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.903-912.
- PAVIANI, T.I. 1978. Anatomia vegetal e cerrado. *Ciência e Cultura* 30: 1076-1086.
- POLHILL, R.M & RAVEN, P.H. 1981. Advances in legume systematics. 2v. Kew, Royal Botanic Gardens.
- ROSENTHAL, G.A. & JANZEN, D.H. 1979. Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites. New York, Academic Press.

- ROTH, I. 1977. Fruits of Angiosperms. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- SASS, J.E. 1951. Botanical microtechnique. Ames, Iowa State University.
- SOUZA, L.A. 1984. Anatomia do desenvolvimento do pericarpo de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassler (Leguminosae - Faboideae). Revista Unimar 6: 5-19.
- SWAIN, T. 1979. Tanins and lignins. In Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites (G.A. Rosental & D.H. Janzen, eds.). New York, Academic Press. p.657-674.
- TUCKER, S.C. & KANTZ, K.E. 2001. Open carpels with ovules in Fabaceae. International Journal of Plant Sciences 162: 1065-1073.

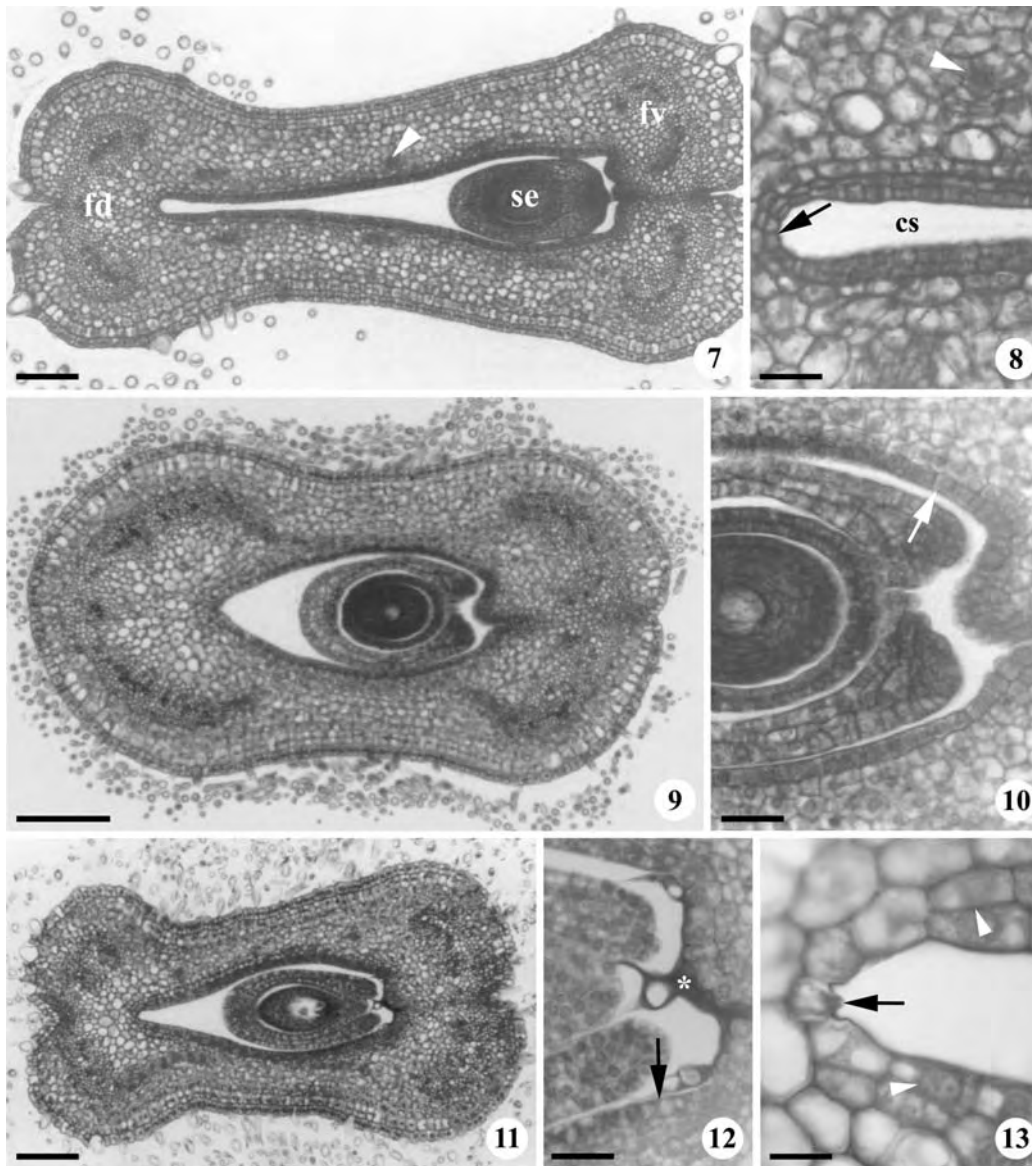
## **Ilustrações**

Figuras 1-6. Secções transversais do ovário de *Chamaecrista*. 1-2. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 1. Aspecto geral do ovário, evidenciando a epiderme na região de sutura do carpelo (seta). 2. Detalhe da região ventral. 3-4. *Chamaecrista flexuosa*. 3. Aspecto geral do ovário, destacando a epiderme interna na região de sutura do carpelo (seta). 4. Detalhe da região dorsal evidenciando a epiderme interna (ponta de seta). 5-6. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 5. Aspecto geral do ovário, mostrando a epiderme na região de sutura do carpelo (seta). 6. Detalhe da região ventral. (fd: feixe dorsal, fv: feixe ventral, ov: óvulo). Barras: 100 µm (1, 3), 50 µm (5), 25 µm (6), 10 µm (2, 4).

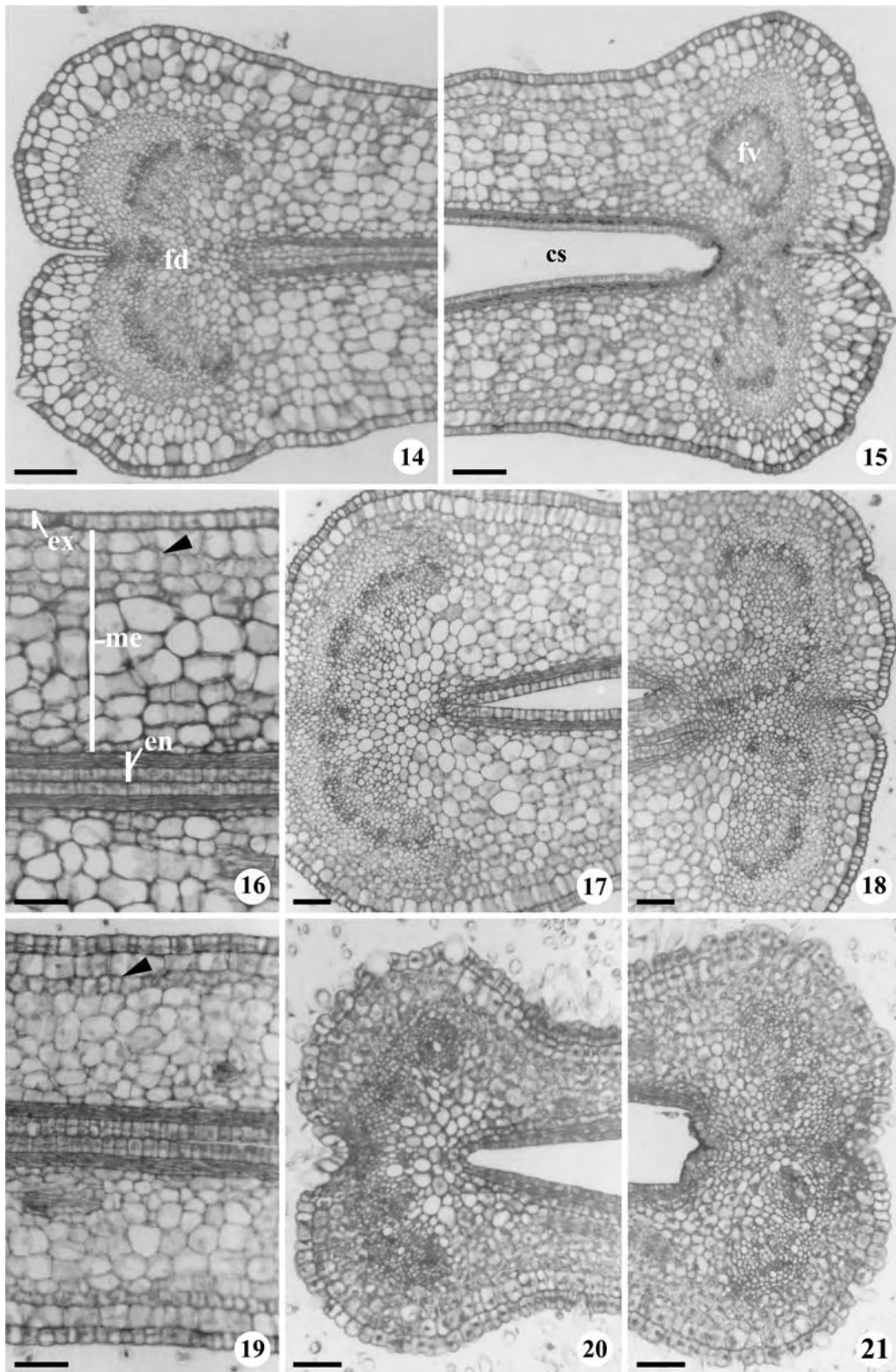




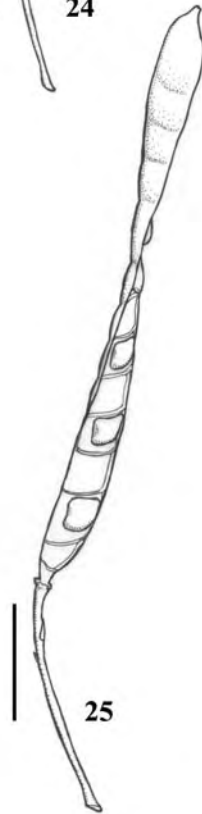
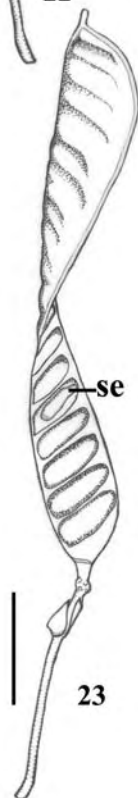
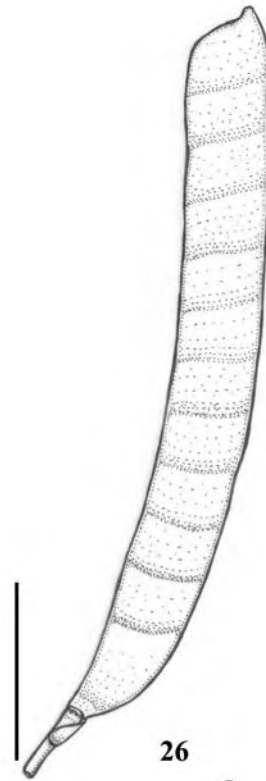
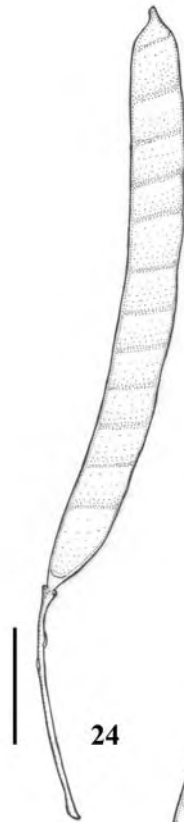
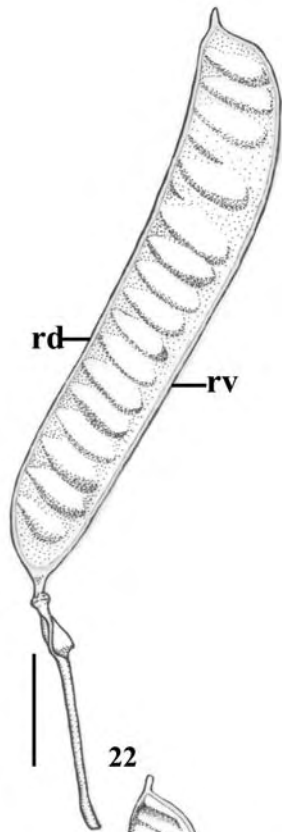
Figuras 7-13. Secções transversais dos frutos jovens de *Chamaecrista* no estágio de divisão celular. 7-8. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 7. Aspecto da região mediana do fruto, destacando feixes laterais (ponta de seta). 8. Detalhe da cavidade seminal junto à região dorsal, evidenciando feixes laterais (ponta de seta) e a porção do endocarpo interno unisseriado (seta). 9-10. *Chamaecrista flexuosa*. 9. Vista geral da região mediana do fruto. 10. Detalhe da região de placentação, evidenciando a porção do endocarpo interno unisseriado (seta). 11-13. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 11. Vista geral da região mediana do fruto. 12. Detalhe da região de placentação, evidenciando a porção do endocarpo interno unisseriado (seta) com secreção péctica (asterisco). 13. Detalhe da cavidade seminal junto à região dorsal, evidenciando divisões anticlinais e periclinais (ponta de seta) e porção unisseriada (seta) no endocarpo interno. (cs: cavidade seminal, fd: feixe dorsal, fv: feixe ventral, se: semente). Barras: 100 µm (7, 9, 11), 25 µm (8, 10, 12), 10 µm (13).



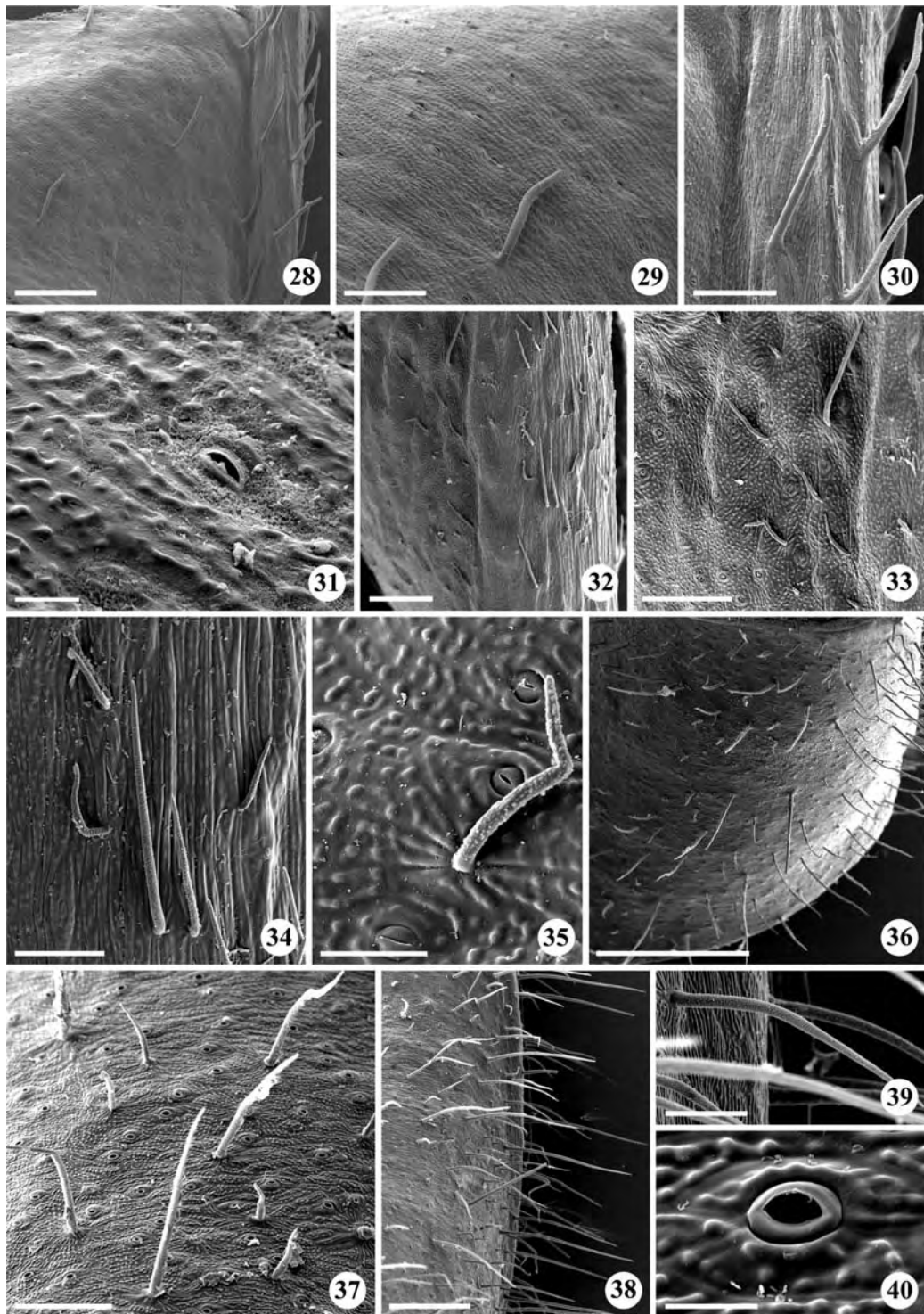
Figuras 14-21. Secções transversais dos frutos jovens de *Chamaecrista* no estágio de alongamento e diferenciação celular. 14-16. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 14. Região dorsal entre sementes. 15. Região ventral junto à cavidade seminal. 16. Detalhe da lateral do pericarpo, destacando o início de espessamento da hipoderme (ponta de seta). 17-19. *Chamaecrista flexuosa*. 17. Região dorsal, na região da cavidade seminal. 18. Região ventral, junto à cavidade seminal. 19. Detalhe da lateral do pericarpo entre sementes, destacando o início de espessamento da hipoderme (ponta de seta). 20-21. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 20. Região dorsal junto à cavidade seminal. 21. Região ventral junto à cavidade seminal. (cs: cavidade seminal, en: endocarpo, ex: exocarpo, fd: feixe dorsal, fv: feixe ventral, me: mesocarpo). Barras: 100 µm (14-15, 17), 50 µm (16, 18-21).



Figuras 22-27. Frutos maduros de *Chamaecrista*. 22-23. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 22. Aspecto geral do fruto. 23. Valva após deiscência. 24-25. *Chamaecrista flexuosa*. 24. Aspecto geral do fruto. 25. Valva após deiscência. 26-27. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 26. Aspecto geral do fruto. 27. Valva após deiscência. (rd: região dorsal, rv: região ventral, se: semente). Barras: 1 cm.

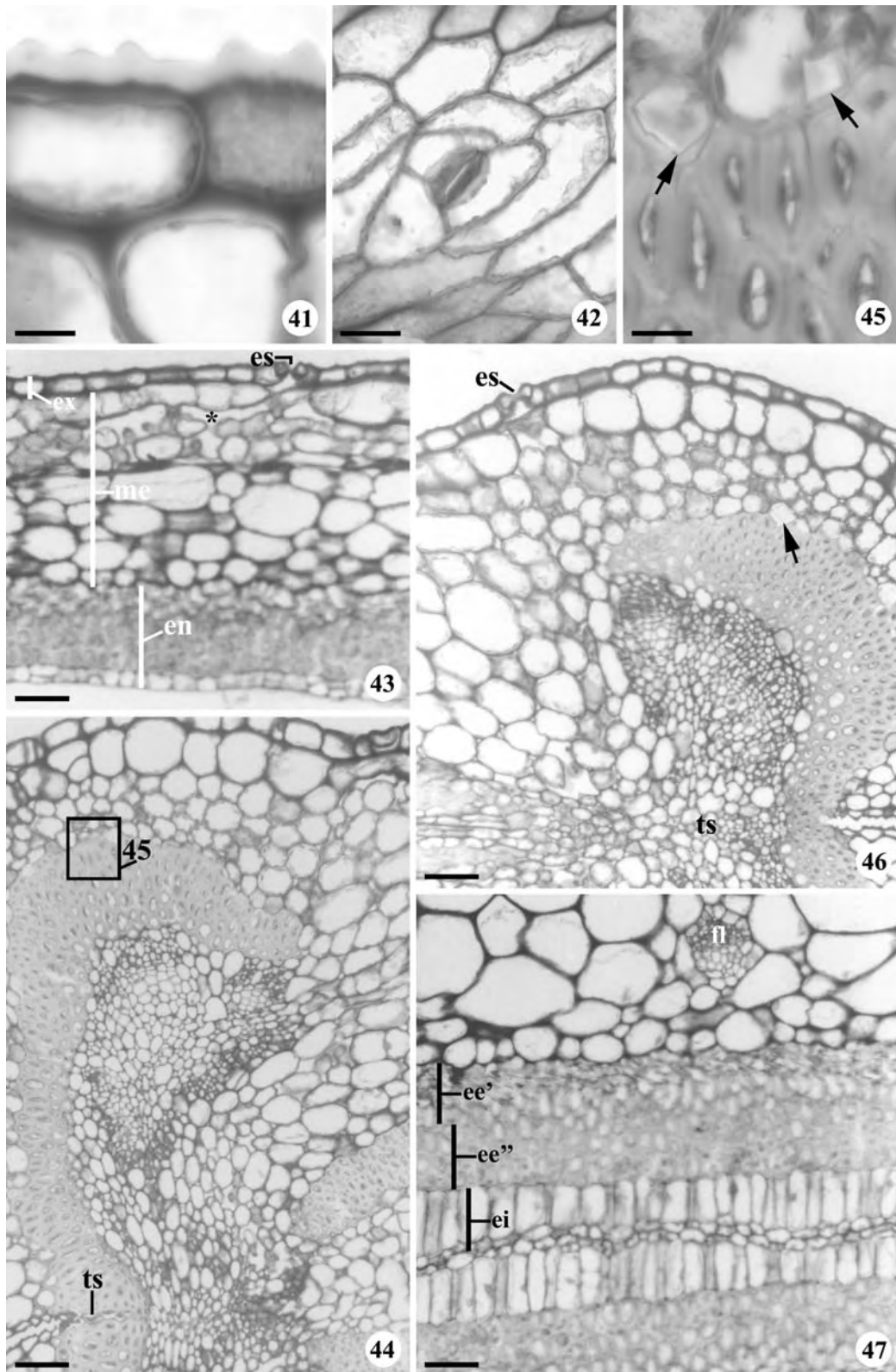


Figuras 28-40. Micromorfologia de superfície dos frutos de *Chamaecrista*. 28-31. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 28. Aspecto geral do pericarpo. 29. Detalhe da região lateral do fruto. 30. Detalhe da região ventral. 31. Detalhe da ornamentação das células comuns, evidenciando o estômato sem ornamentação. 32-35. *Chamaecrista flexuosa*. 32. Detalhe da região ventral do fruto. 33. Aspecto geral do pericarpo. 34. Detalhe da região ventral. 35. Detalhe da ornamentação das células comuns, evidenciando o estômato. 36-40. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 36. Aspecto geral do pericarpo. 37. Detalhe da região lateral do fruto. 38. Detalhe da região ventral. 39. Detalhe do tricoma. 40. Detalhe da ornamentação das células comuns, evidenciando o estômato. Barras = 1 mm (36), 500  $\mu\text{m}$  (28, 38), 250  $\mu\text{m}$  (32), 200  $\mu\text{m}$  (29-30, 33, 37), 100  $\mu\text{m}$  (34, 39), 50  $\mu\text{m}$  (35, 40), 25  $\mu\text{m}$  (31).

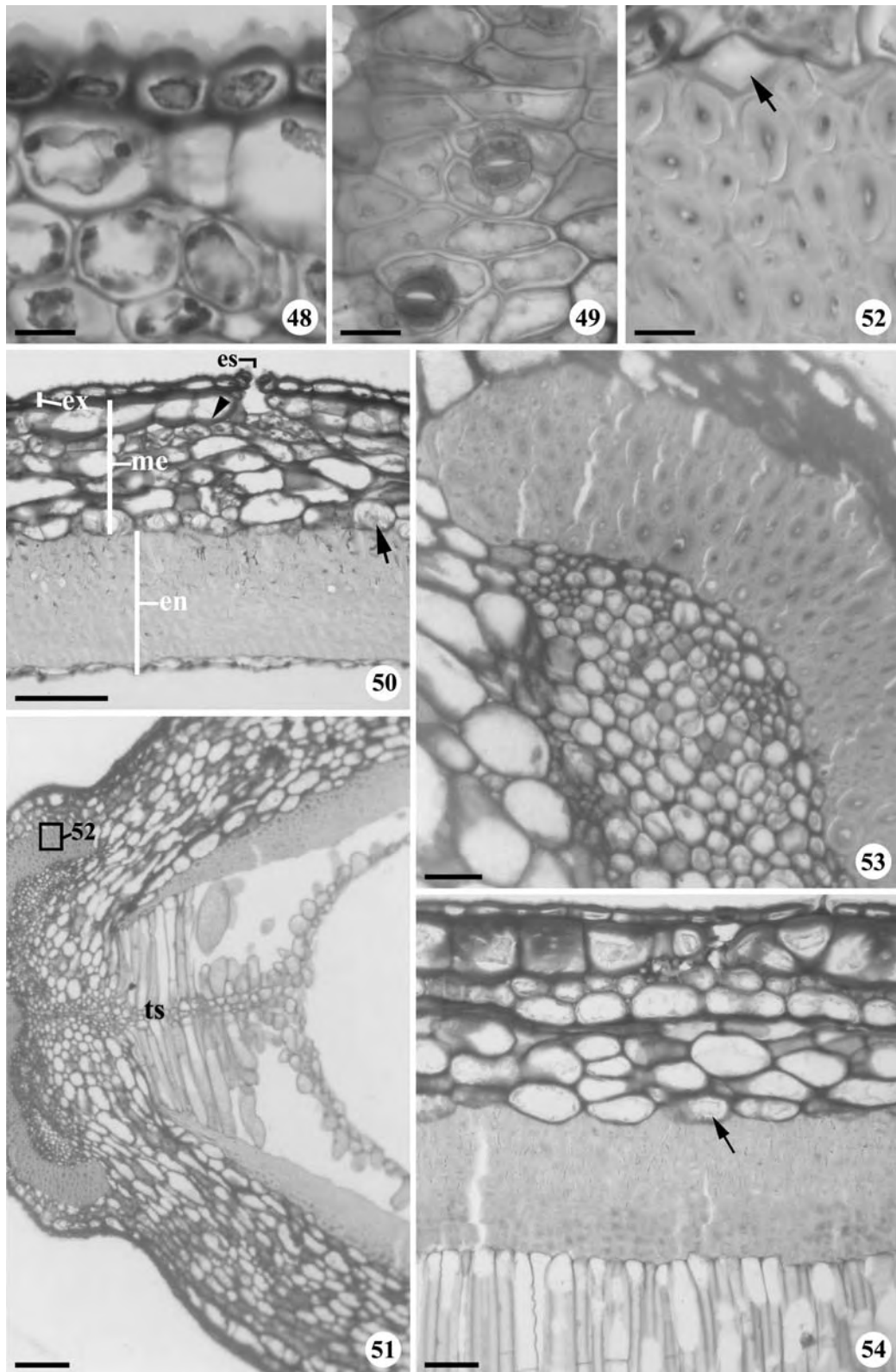




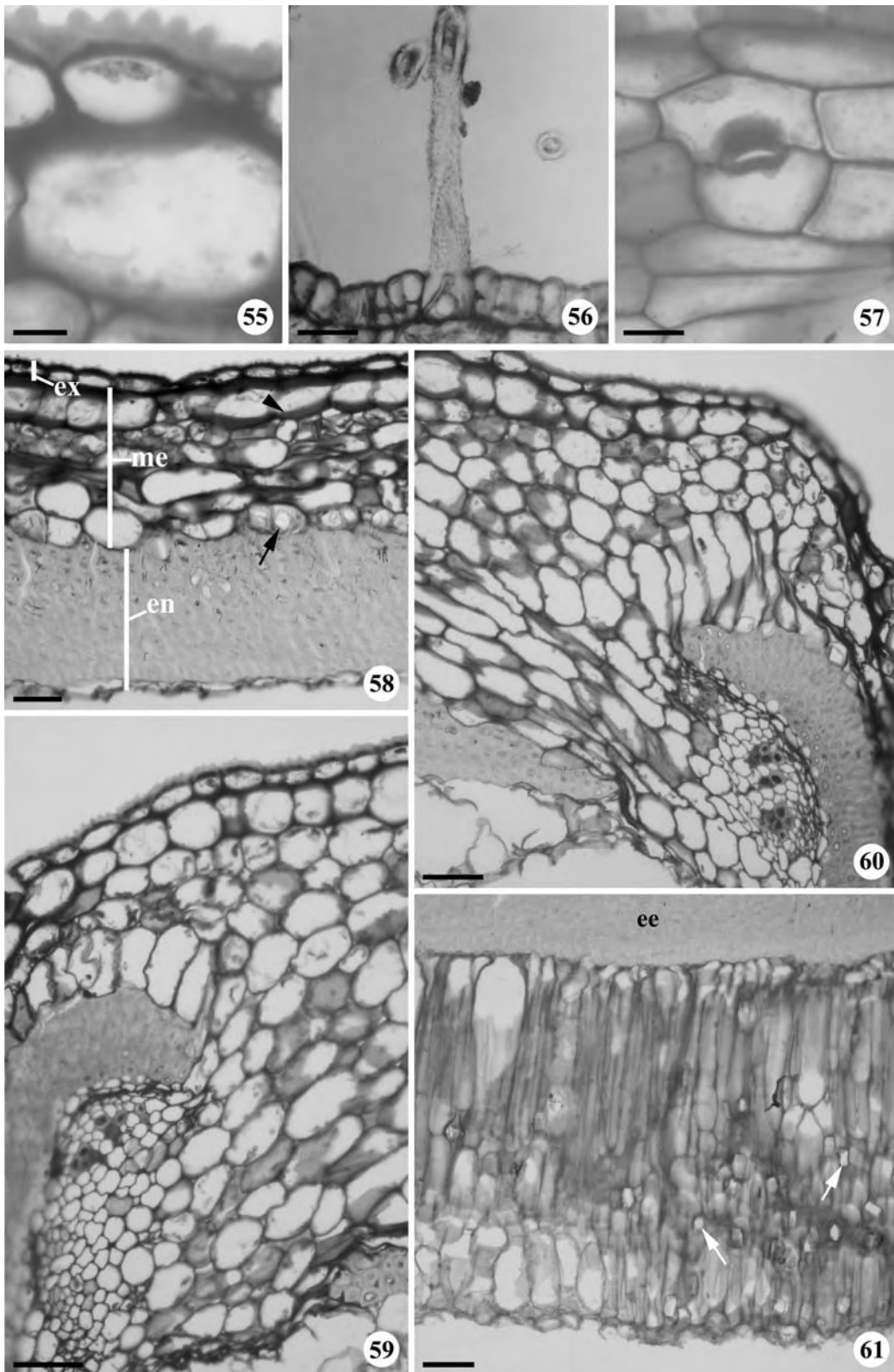
Figuras 41-47. Pericarpo maduro de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. Secções transversais, exceto 42, que é paradérmico. 41. Detalhe do exocarpo com ornamentação cuticular. 42. Aspecto do exocarpo, mostrando estômato. 43. Lateral do pericarpo, evidenciando espaços intercelulares (asterisco). 44. Região dorsal, destacando o tecido de separação. 45. Detalhe da figura anterior na região destacada, evidenciando cristais prismáticos de oxalato de cálcio (seta) externos à região esclerenquimática. 46. Região ventral, evidenciando o tecido de separação e idioblastos cristalíferos externos às fibras (seta). 47. Mesocarpo, evidenciando o feixe lateral e endocarpo externo com duas regiões de fibras com orientações oblíquas, na região entre sementes. (cs: cavidade seminal, ee': fibras do endocarpo externo com orientação ligeiramente oblíqua, ee'': fibras do endocarpo externo com orientação oblíqua acentuada, ei: endocarpo interno, en: endocarpo, es: estômato, ex: exocarpo, fl: feixe lateral, me: mesocarpo, ts: tecido de separação). Barras: 50 µm (43-44, 46-47), 10 µm (41-42, 45).



Figuras 48-54. Pericarpo maduro de *Chamaecrista flexuosa*. Secções transversais, exceto 48, que é paradérmico. 48. Detalhe do exocarpo, mostrando ornamentação da cutícula. 49. Detalhe do exocarpo, mostrando estômato. 50. Lateral do pericarpo, destacando o espessamento das paredes periclinais da hipoderme (ponta de seta) e cristais de oxalato de cálcio próximo às fibras do endocarpo (seta). 51. Região dorsal, evidenciando o tecido de separação. 52. Detalhe do mesocarpo na posição destacada na figura anterior, próximo a região esclerenquimática, evidenciando cristais de oxalato de cálcio (seta). 53. Detalhe da região ventral, evidenciando a calota de fibras gelatinosas. 54. Pericarpo entre sementes, destacando cristais no mesocarpo (seta). (en: endocarpo, es: estômato, ex: exocarpo, me: mesocarpo, ts: tecido de separação). Barras: 100 µm (51), 50 µm (50), 25 µm (53-54), 10 µm (48-49, 52).



Figuras 55-61. Pericarpo maduro de *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. Secções transversais, exceto 57, que é paradérmico. 55. Detalhe do exocarpo, com ornamentação da cutícula. 56. Detalhe do tricoma tector com ornamentações verrucosas. 57. Detalhe do exocarpo, mostrando estômato. 58. Lateral do pericarpo, evidenciando o espessamento das paredes periclinais na hipoderme (ponta de seta) e a camada mais externa do mesocarpo com cristais de oxalato de cálcio (seta). 59. Detalhe da região dorsal. 60. Detalhe da região ventral. 61. Detalhe do endocarpo entre sementes, evidenciando cristais no parênquima interno (setas). (ee: endocarpo externo, en: endocarpo: ex: exocarpo, me: mesocarpo). Barras: 50 µm (58, 61), 25 µm (59-60, 56), 10 µm (55, 57).



**PLEUROGRAMAS MÚLTIPLOS EM *CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE:  
CAESALPINIOIDEAE)<sup>1</sup>**

Orlando Cavalari De-Paula<sup>2</sup> e Denise Maria Trombert Oliveira<sup>2,3</sup>

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de O.C. De-Paula, desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

<sup>2</sup> UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: denise@ibb.unesp.br

**RESUMO** – As sementes de *Chamaecrista* são descritas como sendo sementes sem pleurogramas, com testa pintalgada, onde as pintas são dispostas em linhas verticais. Observações preliminares mostraram que estas estruturas de *Chamaecrista* consistem de depressões superficiais na testa, além de apresentarem a coloração diferente do restante do tegumento, o que as caracteriza como pintas. Entretanto, nenhuma análise anatômica verificou, até o momento, de que consistem tais pintas. Neste trabalho, foram analisadas a morfologia, micromorfologia de superfície e anatomia do tegumento de sementes maduras de *C. desvauxii* var. *latistipula*, *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*, visando a esclarecer os aspectos estruturais das referidas pintas tegumentares. Modificações estruturais no tegumento das espécies em estudo foram encontradas, como a variação no estrato mucilaginoso, alteração na altura da camada em paliçada e células hipodérmicas de maior tamanho. Com base nos aspectos anatômicos observados e comparando-se com dados de literatura para pleurogramas em Caesalpinioideae, as estruturas referidas como pintas do tegumento de sementes de *Chamaecrista* constituem vários e pequenos pleurogramas, característica pela primeira vez relatada neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE** – anatomia, Caesalpinioideae, *Chamaecrista*, micromorfologia de superfície, pleurograma, semente, tegumento

## INTRODUÇÃO

O pleurograma é uma área especial, localizada lateralmente nas sementes, delimitada por uma linha definida (Corner 1976), também conhecido como *linea sutura* (Capitaine 1912), *linea fissura* (Boelcke 1946) e *face lines* (Isely 1955).

A ocorrência do pleurograma é restrita às famílias Cucurbitaceae e Fabaceae, aspecto que destaca seu valor taxonômico. Nas leguminosas, o pleurograma é observado em Mimosoideae e Caesalpinioideae, estando ausente nas Faboideae. O pleurograma das Mimosoideae é aberto, apresentando a forma de U; nas Caesalpinioideae, o pleurograma é fechado e circular (Gunn 1981). Em todas as sementes descritas até o momento, o pleurograma ocorre unitariamente em cada lateral da semente.

Anatomicamente, o pleurograma também é distinto entre as duas subfamílias. Em Mimosoideae, o pleurograma consiste de interrupção nas células paliçádicas da testa, formando uma fenda; em Caesalpinioideae é representado por uma diferença na altura dessas células (Corner 1951, 1976). A literatura considera que, em Caesalpinioideae, o pleurograma é restrito ao gênero *Senna*, estabelecido com base na divisão de *Cassia sensu lato* (Irwin &



Barneby 1982), compondo a subtribo Cassiinae com três gêneros: *Cassia sensu stricto*, *Chamaecrista* e *Senna*. Enquanto *Senna* apresenta o pleurograma fechado, *Cassia s.s.* não exhibe indícios de pleurograma em suas sementes. As sementes de *Chamaecrista*, por sua vez, são descritas como sendo sementes sem pleurogramas, com testa pintalgada, onde as pintas são dispostas em linhas verticais (Irwin & Barneby 1976). Sahai *et al.* (1997), estudando características micromorfológicas de sementes de *Cassia sensu lato*, sinonimizadas para *Chamaecrista*, apontaram a existência de variação estrutural entre as pintas e o restante do tegumento. Entretanto, até o momento, nenhuma análise estrutural detalhada verificou de que consistem tais pintas que, além de apresentarem a coloração diferente do restante do tegumento, parecem diferir dele estruturalmente.

O presente trabalho tem como objetivo descrever, pela primeira vez, a ocorrência de pleurogramas múltiplos em três espécies de *Chamaecrista* Moench, relatando sua morfologia, micromorfologia de superfície e anatomia nas sementes dessas espécies, bem como as possíveis conseqüências desta estrutura na subtribo Cassiinae.

## MATERIAL E MÉTODOS

Sementes maduras de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.) GP. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby foram coletadas de frutos em deiscência em indivíduos ocorrentes em fragmentos de cerrado nas proximidades do Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. Ramos férteis foram herborizados e depositados no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujnicov” (BOTU) do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu, registrados sob os números 24.505, 24.506 e 24.507 respectivamente.

A análise morfológica foi realizada sob estereomicroscópio Olympus SZ61, sendo as imagens registradas digitalmente.

Para análise da micromorfologia de superfície, sementes maduras foram secas em estufa 60°C, metalizadas com ouro e analisadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) Quanta 200 (Fei Company), sendo as imagens obtidas por captura digital.

A avaliação anatômica foi realizada a partir fragmentos de tegumento incluindo as regiões pintalgadas e não pintalgadas, fixados em FAA 50 por 48 horas (Johansen 1940) e conservados em etanol a 70%. O material foi desidratado em série etífica, incluído em metacrilato (Leica®), conforme protocolo sugerido pelo fabricante, e seccionado transversalmente em micrótomo rotativo com 6 a 10 µm de espessura; as secções obtidas

foram coradas com azul de toluidina 0,05%, pH 4,7 (O'Brien *et al.* 1964) e montadas em resina sintética. As lâminas permanentes foram observadas em microscópio de luz Olympus BX41, sendo as imagens obtidas digitalmente.

Para caracterização de determinadas substâncias, foram realizados os seguintes testes histoquímicos, a partir de secções manuais do material fresco: para evidenciar polissacarídeos e pectinas, vermelho de rutênio (Jensen 1962); para paredes lignificadas, floroglucinol acrescido de ácido clorídrico (Sass 1951); para substâncias lipídicas, Sudan IV; para amido, lugol; para compostos fenólicos, cloreto férrico acrescido de carbonato de sódio (Johansen 1940). O material foi montado em água e observado em microscópio de luz Olympus BX41.

## RESULTADOS

As pintas tendem a ser dispostas em linhas longitudinais, mais nítidas em *C. desvauxii* var. *latistipula* (Figura 1) e menos precisas em *C. flexuosa* (Figura 4) e *C. nictitans* var. *patellaria*, cujo arranjo é mais irregular. Nas três espécies, elas podem ocorrer isoladas (Figuras 1-3, 4-6, 7-8), em duplas (Figura 5, 7) e em trios (Figura 8). Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, não há distinção de coloração das áreas pintalgadas, sendo todo o tegumento de coloração marrom escura. Em *C. flexuosa* o tegumento é pardo com pintas marrons. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria* possui tegumento marrom escuro tornando-se marrom claro na região micropilar.

Analisando-se a superfície, especialmente em MEV, são observadas depressões no tegumento na região das pintas, além de linhas de fratura por todo o tegumento (Figuras 2-3, 5-6, 8-9). Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, as depressões são leves e pouco definidas (Figuras 2-3). Em *C. flexuosa*, as pintas também são dadas por leves depressões no tegumento, embora nitidamente delimitadas formando círculos bem definidos (Figuras 5-6). Em *C. nictitans* var. *patellaria*, cada pinta é resultado de uma depressão mais acentuada no tegumento, sendo também circular e marcada por uma linha muito bem definida (Figuras 8-9).

A análise anatômica permitiu caracterizar as modificações no tegumento que ocorrem nas pintas (Figuras 10-11, 13-14, 16-17). Inicialmente, verifica-se a diminuição, sobre as pintas, do estrato mucilaginoso que reveste a superfície seminal, o qual fica apenas residual nas pintas de *C. nictitans* var. *patellaria* (Figuras 16-17). Nas três espécies, não só se observa menor espessura do estrato mucilaginoso sobre as pintas, mas a reação ao vermelho de rutênio possui coloração mais intensa.

A camada em paliçada é também modificada nas pintas das três espécies. Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, a paliçada apresenta uma ondulação convexa, com células

levemente mais altas nas pintas e os núcleos de suas células são centrais (Figura 10-11); no restante do tegumento, a paliçada é mais plana e os núcleos de suas células são mais basais (Figura 12). Em *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*, a paliçada possui duas regiões côncavas menores periféricas e uma região convexa de maior tamanho e central em cada pinta (Figuras 13-14, 16-17); e os núcleos não têm sua posição alterada nas pintas.

A hipoderme, constituída por uma camada de células em ampulheta, também se destaca nas pintas; nestas, as células possuem um maior tamanho em relação ao restante do tegumento. Nas camadas parenquimáticas espessadas do restante do tegumento, não são observadas modificações (Figuras 10-11, 13-14, 16-17).

Os testes histoquímicos realizados indicaram claramente que as regiões pintalgadas possuem aumento no conteúdo de substâncias fenólicas.

## DISCUSSÃO

Este trabalho relata, pela primeira vez a formação de pleurogramas múltiplos em sementes, vinculando-os ao gênero *Chamaecrista*, até agora relacionado à ausência de pleurograma.

Interpretações errôneas são comuns na literatura referente a órgãos reprodutivos das plantas. Estruturas carnosas, tricomas e alas, especialmente na superfície seminal, têm recebido interpretações gerais variáveis que, muitas vezes, mostram estar erradas à luz de estudos estruturais mais detalhados. Analisando a literatura, as pintas consideradas como típicas das sementes de *Chamaecrista* (Irwin & Barneby 1976, 1981, 1982) são interpretadas como pequenas cicatrizes ou como tricomas por Conceição *et al.* (2003). Os autores, contudo, fizeram apenas observações morfológicas. Neste trabalho, evidencia-se que não se trata da ocorrência de cicatrizes nem de tricomas na superfície da semente de *Chamaecrista*.

A coloração seminal é, geralmente, pouco investigada, sendo os compostos fenólicos e seus derivados, principalmente taninos e às vezes quinonas, os pigmentos mais comumente encontrados (Werker & Fahn 1975). A coloração das sementes é dada pelo acúmulo de substâncias localizadas em diferentes tecidos, sendo principalmente encontradas no tegumento. Em algumas sementes de leguminosas, a coloração do tegumento é produzida por células isoladas na camada em paliçada, contendo pigmentação diferenciada (Werker 1997). Nas espécies estudadas de *Chamaecrista*, o maior acúmulo de compostos fenólicos da região pintalgada produz alteração de sua coloração em relação ao restante do tegumento, como melhor mais nitidamente observado em *C. flexuosa*. Entretanto, as modificações tegumentares descritas para as pintas em relação ao restante da testa enquadram-se

precisamente no descrito por Corner (1951, 1976) como o pleurograma das espécies de Caesalpinioideae.

Apesar de especulações sobre o assunto serem encontradas na literatura, as funções do pleurograma permanecem dúbias. Gunn (1981) associa o pleurograma à desidratação das sementes Mimosoideae e Cesalpinioideae, sem, contudo, comprovar a função com dados experimentais. Tal associação é feita pelo autor com base na semelhança da fenda formada na paliçada do pleurograma das Mimosoideae com a fenda paliçádica típica do hilo de sementes de Faboideae. Nestas últimas, o hilo é responsável pela desidratação das sementes, conforme comprovado experimentalmente por Hyde (1954). Trabalhos experimentais envolvendo sementes de *Chamaecrista* serão de grande importância para se esclarecerem as funções dos pleurogramas múltiplos.

Análises moleculares recentes sugerem que *Chamaecrista* e *Senna* são gêneros próximos, separados de *Cassia*, que ocorre em um clado distinto como um grupo irmão (Doyle *et al.* 1997, 2000, Kajita *et al.* 2001). Os estudos de Bruneau *et al.* (2001) não corroboram os anteriormente citados e apontam *Chamaecrista* como um grupo separado, incluindo *Senna* e *Cassia* no mesmo ramo.

Morfologicamente, os gêneros *Cassia*, *Senna* e *Chamaecrista* podem ser diferenciados pelo androceu (Irwin & Barneby 1981, Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1988, Owens & Lewis 1989). Tucker (1996) destaca numerosas diferenças no desenvolvimento floral entre os três gêneros, e na estrutura da inflorescência de *Chamaecrista*. Além de diferenças na inflorescência, *Chamaecrista* é o único gênero de Cassieae que possui nodulação interna nos tecidos da raiz, diferindo da encontrada em Caesalpinioideae (Whitty *et al.* 1994, Sprent 2000). Como proposto por Irwin & Barneby (1981) e Tucker (1996), as semelhanças superficiais entre os três gêneros são resultado de uma provável convergência, associada a sistemas de polinização semelhantes (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1988, Lewis *et al.* 2000).

A ocorrência de pleurogramas múltiplos em *Chamaecrista* aqui destacada, é mais um aspecto que segrega o gênero de *Cassia s.s.*, visto que, neste gênero, a estrutura é ausente. O mesmo fato aproxima *Chamaecrista* e *Senna*, que possui pleurograma único e também circular, e ainda fornece argumentos que contribuem para a individualização de *Chamaecrista* na subtribo Cassiinae.

## AGRADECIMENTOS

Ao M.Sc. Rubens Teixeira Queiroz, pela identificação das plantas, ao Sr. Nivaldi Antônio Basso, pelo processamento do material analisado em microscopia eletrônica varredura. À FAPESP, Programa BIOTA (proc. nº 00/12469-3), pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOELCKE, O. 1946. Estudio morfológico de las semillas de Leguminosas Mimosoideas y Caesalpinioideas de interés agronómico en la Argentina. *Darwiniana* 7: 240-321.
- BRUNEAU, A., FOREST, F., HERENDEEN, P.S., KLITGAARD, B.B. & LEWIS, G.P. 2001. Phylogenetic relationships in the Caesalpinioideae (Leguminosae) as inferred from chloroplast *trnL* intron sequences. *Systematic Botany* 26: 487-514.
- CAPITAINE, L. 1912. Les Graines des Légumineuses. Paris, Emile Larose.
- CONCEIÇÃO, A.S., GIULIETTI, A.M. & QUEIROZ, L.P. 2003. O gênero *Chamaecrista* Moench (Leguminosae-Caesalpinioideae) em Catolés, Abaíra, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitientibu Série Ciências Biológicas* 3: 81-108.
- CORNER, E.J.H. 1951. The leguminous seed. *Phytomorphology* 1: 117-150.
- CORNER, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. 2v. Cambridge, University Press.
- DOYLE, J.J., CHAPPILL, J.A., BAILEY, C.D. & KAJITA, T. 2000. Towards a comprehensive phylogeny of legumes: evidence from *rbcL* sequences and non-molecular data. *In Advances in legume systematics. Part 9* (P. Herendeen & P.H. Bruneau, eds.). Kew, Crown Copyright. p.1-20.
- DOYLE, J.J., DOYLE, J.L., BALLENGER, J.A., DICKSON, E.E., KAJITA, T. & OHAXHI, H. 1997. A phylogeny of the chloroplast *rbcL* in the Leguminosae: taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation. *American Journal of Botany* 84: 541-554.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1988. Evolution of flower structures and pollination in neotropical Cassiinae (Caesalpinioideae) species. *Phyton (Austria)* 28: 293-320.
- GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. *In Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.913-926.
- HYDE, E.O.C. 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Annals of Botany* 18: 241-256.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1976. Nomenclatural notes on *Cassia* Linnaeus (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Brittonia* 28: 435-442.

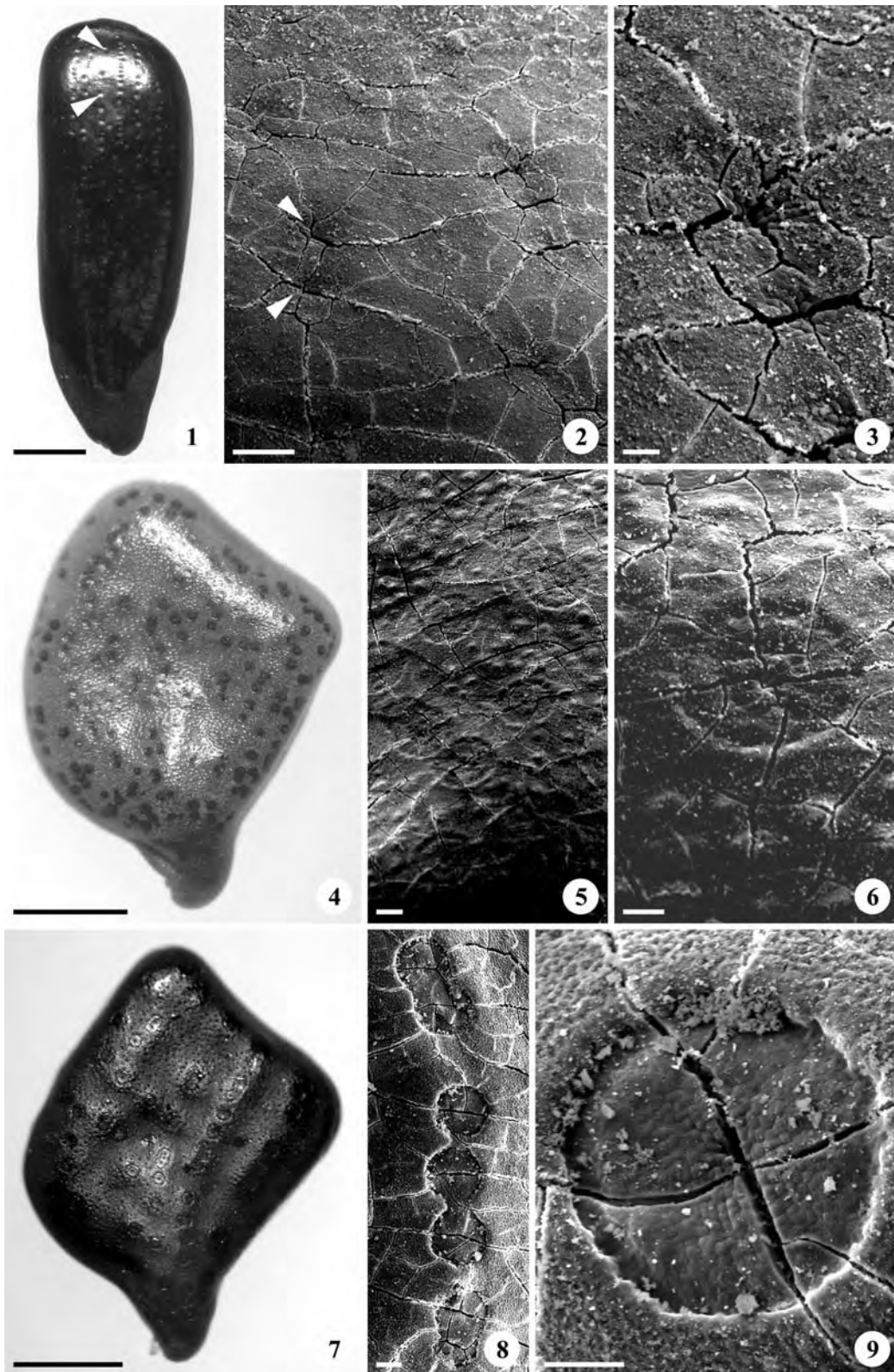
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1981. Tribe 2. Cassieae Bronn (1822). *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.97-106.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1982. The American Cassiinae. A synoptical revision of Leguminosae tribe Cassieae subtribe Cassiinae in New World. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 35: 1-918.
- ISELY, D. 1955. Observations on seeds of the Leguminosae: Mimosoideae and Caesalpinioideae. *Proceedings of the Iowa Academy of Science* 62: 142-145.
- JENSEN, W.A. 1962. *Botanical histochemistry: principles and practice*. San Francisco, W.H. Freeman.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book.
- KAJITA, T., OHASHI, H., TATEISHI, Y., BAILEY, C.D. & DOYLE, J.J. 2001. *RbcL* and legume phylogeny, with particular reference to Phaseoleae, Millettieae, and allies. *Systematic Botany* 26: 515-536.
- LEWIS, G.P., SIMPSON, B.B., & NEFF, J.L. 2000. Progress in understanding the reproductive biology of the Caesalpinioideae (Leguminosae). *In* Advances in legume systematics (P.S. Herendeen & A.Bruneau, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p. 65-78.
- O'BRIEN, T.P., FEDER, N. & MCCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59: 368-373.
- OWENS, S.J. & LEWIS, G.P. 1989. Taxonomic and functional implication of stigma morphology in species of *Cassia*, *Chamaecrista*, and *Senna* (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Plant Systematics and Evolution* 163: 95-105.
- SAHAI, K., KAUR, H. & PAL, A. 1997. Macro- and micromorphological seed characteristics of some *Cassia* species and their taxonomic significance. *Phytomorphology* 47: 273-279.
- SASS, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. Ames, Iowa State University.
- SPRENT, J.I. 2000. Nodulation as a taxonomic tool. *In* Advances in legume systematics (P. S. Herendeen & A. Bruneau, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p. 21-43.
- TUCKER, S. 1996. Trends in evolution of floral ontogeny in *Cassia sensu stricto*, *Senna*, and *Chamaecrista* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae: Cassiinae); a study in convergence. *American Journal of Botany* 83:687-711.
- WERKER, E. 1997. *Seed anatomy*. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).

- WERKER, E., DAFNI, A. & NEIGBI, M. 1973. Variability in *Prosopis farcata* in Israel: anatomical features of the seed. *Botanical Journal of the Linnean Society* 66: 223-232.
- WERKER, E. & FAHN, A. 1975. Seed anatomy of *Pancratium* species from three habitats. *Botanical Gazette* 136: 396-403.
- WHITTY, P.W., POWELL, W. & SPRENT, J.I. 1994. Molecular separation of genera in Cassiinae (Leguminosae), and analysis of variation in the nodulating species of *Chamaecrista*. *Molecular Ecology* 3: 507-515.

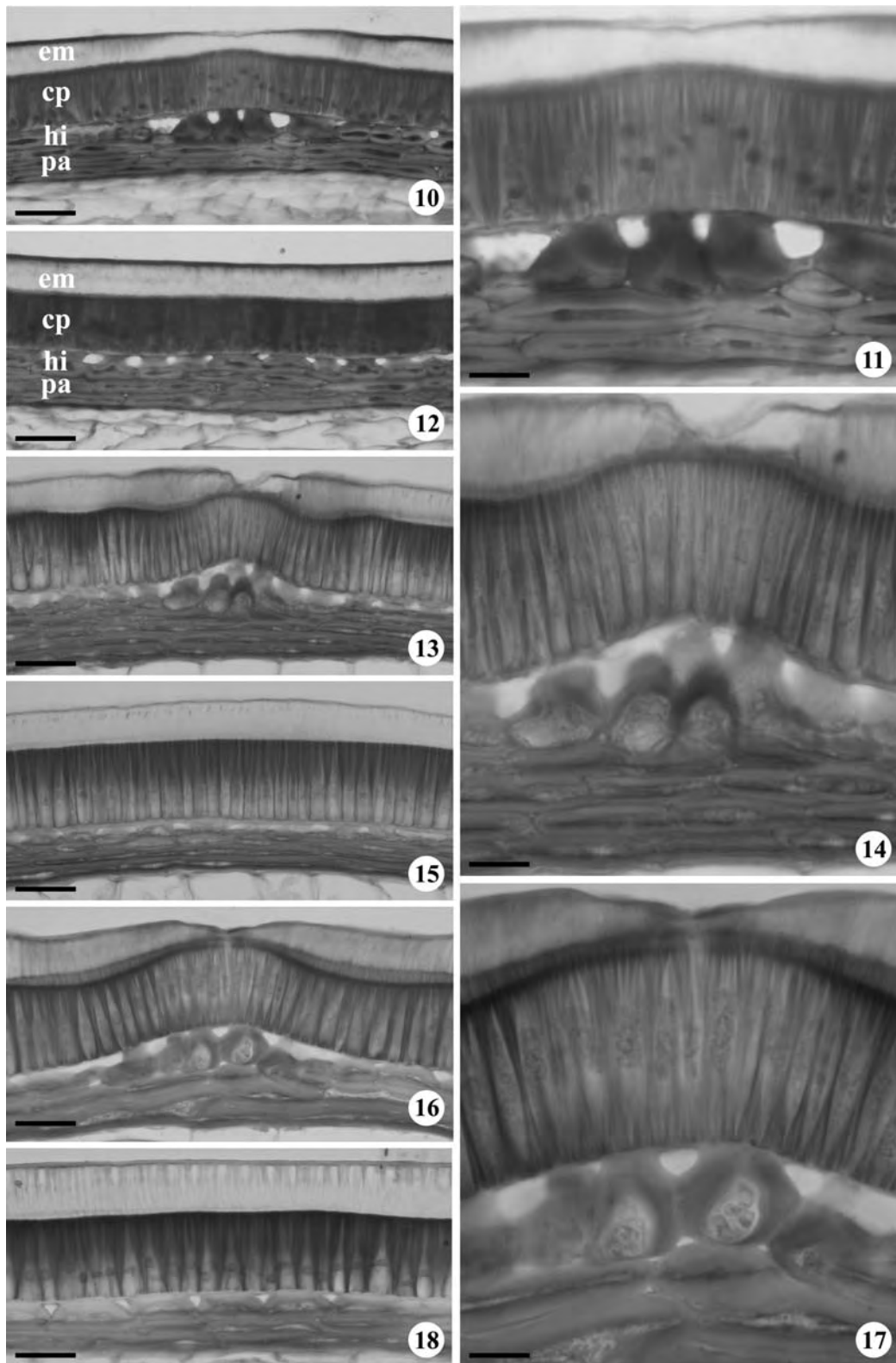
## **Ilustrações**



Figuras 1-9. Sementes de *Chamaecrista*. 1-5. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 1. Aspecto geral, evidenciando as pintas (ponta de seta). 2-3. Micromorfologia de superfície. 2. Aspecto geral do tegumento, mostrando as pintas (pontas de seta) e numerosas linhas de fratura. 3. Detalhe da figura anterior. 4-6. *Chamaecrista flexuosa*. 4. Aspecto geral. 5-6. Micromorfologia de superfície. 5. Aspecto geral do tegumento, destacando as pintas; notar a ocorrência das linhas de fratura. 6. Detalhe da figura anterior. 7-9. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 7. Aspecto geral. 8-9. Micromorfologia de superfície. 8. Aspecto geral do tegumento, mostrando as pintas e numerosas linhas de fratura. 9. Detalhe da figura anterior. Barras: 1 mm (1, 4, 7), 50  $\mu\text{m}$  (2), 40  $\mu\text{m}$  (5, 8), 25  $\mu\text{m}$  (9), 20  $\mu\text{m}$  (6), 10  $\mu\text{m}$  (3).



Figuras 10-18. Secções transversais do tegumento de *Chamaecrista*. 10-12. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 10. Região da pinta. 11. Detalhe da figura anterior. 12. Região não pintalgada. 13-15. *Chamaecrista flexuosa*. 13. Região da pinta. 14. Detalhe da figura anterior. 15. Região não pintalgada. 16-18. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 16. Região da pinta. 17. Detalhe da figura anterior. 18. Região não pintalgada. (cp: camada paliçádica, em: estrato mucilaginoso, hi: hipoderme, pa: parênquima). Barras: 25  $\mu\text{m}$  (10, 12-13, 15-16, 18), 10  $\mu\text{m}$  (11, 14, 17).



**CAPÍTULO III**

---

**ANATOMIA DA REGIÃO SUB-HILAR DE SEMENTES DE TRÊS ESPÉCIES DE  
*CHAMAECRISTA MOENCH (FABACEAE: CAESALPINIOIDEAE)*<sup>1</sup>**

Orlando Cavalari De-Paula<sup>2</sup> e Denise Maria Trombert Oliveira<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>. Trabalho encaminhado como resumo expandido ao LVII Congresso Nacional de Botânica, a ser realizado em novembro/2006 em Gramado, RS. Aceito para publicação na Revista Brasileira de Biociências (ISBN 1679-2343). Apoio financeiro: FAPESP/BIOTA.

<sup>2</sup>. Mestrando do Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), área de concentração Morfologia e Diversidade Vegetal, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>3</sup>. Professora Assistente Doutora do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: denise@ibb.unesp.br.

## INTRODUÇÃO

A região hilar é destacada como uma importante porção para o entendimento da anatomia das sementes de leguminosas [1], embora venha sendo negligenciada na maior parte dos trabalhos estruturais com sementes de Fabaceae. Em Faboideae, o tecido sub-hilar contém uma barra de traqueídes, que é responsável pela desidratação das sementes, visto que o tegumento das leguminosas é tido como impermeável [2]. Na região sub-hilar de sementes de Mimosoideae-Caesalpinioideae, há frequentemente um tecido duro, compacto, com duas a ou mais camadas de células com paredes espessas [1]; a literatura não registra, contudo, detalhamento desse tecido.

A desidratação das sementes de Mimosoideae-Caesalpinioideae tem sido associada ao pleurograma [3], embora esta hipótese não tenha sido verificada experimentalmente. Nas sementes Mimosoideae-Caesalpinioideae que não têm pleurograma, não são relatadas estruturas associadas à desidratação das sementes.

O gênero *Chamaecrista* (Fabaceae, Caesalpinioideae) apresenta sementes trapezóides, sem pleurograma, com a testa fina e pintalgada, onde as pintas são dispostas em linhas verticais [4]. Numerosas espécies do gênero ocorrem no Estado de São Paulo, sendo diversas delas freqüentes nos cerrados [5] ou como invasoras em culturas, beiras de estrada e terrenos de solos pobres [6].

O presente trabalho visa a analisar a região sub-hilar de três espécies de *Chamaecrista* encontradas no cerrado do estado de São Paulo, inferindo um possível mecanismo para a desidratação de sementes de leguminosas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### A. Material

Ramos férteis de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) Irwin & Barneby foram coletados em fragmentos de cerrado nas proximidades do Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. O material foi herborizado e depositado no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujnicov” (BOTU) do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu, registrado sob os números 24.505, 24.506 e 24.507 respectivamente.

### B. Microscopia de luz

Sementes em diversas fases de desenvolvimento foram fixadas em FAA 50 por 48 horas [7] e conservadas em etanol a 70%. O material fixado foi desidratado em série etflica,

incluído em metacrilato (Leica®) segundo protocolo do fabricante, seccionado em micrótomo rotativo com 6 a 10 µm de espessura em diversos planos; as secções obtidas foram coradas com Azul de Toluidina 0,05%, pH 4,7 [8] e montadas em resina sintética. As lâminas permanentes foram observadas em microscópio de luz Olympus BX41, sendo documentadas digitalmente.

### *C. Testes histoquímicos*

Foram realizados testes histoquímicos, a partir de secções a mão livre do material fresco: para evidenciar polissacarídeos e pectinas, utilizou-se vermelho de rutênio [9]; para paredes lignificadas, floroglucinol acrescido de ácido clorídrico [10]; para substâncias lipídicas, Sudan IV; para amido, lugol; para compostos fenólicos, cloreto férrico acrescido de carbonato de sódio [7]. O material foi montado em água e observado imediatamente em microscópio de luz Olympus BX41.

## **RESULTADOS**

Nas três espécies, as sementes são anátropas, com hilo circular e micrópila puntiforme em posição subterminal; assim, o hilo e a micrópila encontram-se próximos (Figura 1A). Na região sub-hilar, observou-se o padrão estrutural que se segue.

### *A. Desenvolvimento da região sub-hilar*

Na semente jovem, quando o embrião encontra-se em fase globular (Figura 1A), o tecido sub-hilar é parenquimatoso, com células isodiamétricas e espaços intercelulares muito reduzidos (Figura 1B). No restante do tegumento, a mesotesta possui células semelhantes ao tecido sub-hilar, embora com espaços intercelulares mais conspícuos. Quando o embrião atinge o estágio cordiforme (Figura 1C), o tecido sub-hilar inicia sua diferenciação, com o alongamento de suas células e acúmulo de substâncias pécticas, dispostas em faixas transversais em cada célula (Figura 1D).

### *B. Estrutura diferenciada da região sub-hilar*

Na maturidade, a região sub-hilar apresenta tecido com células justapostas, alongadas, com paredes exibindo espessamentos em faixas transversais de aspecto espiralado, impregnados por substâncias pécticas; no citoplasma, observa-se acúmulo de substâncias de mesma natureza (Figura 1E, 1F).

## **DISCUSSÃO**

A dureza do tegumento nas leguminosas é tida como uma das maiores vantagens adaptativas neste grupo, visto que sementes produzidas em um mesmo tempo podem germinar

em períodos diferentes. Esta dureza é dada pela drástica desidratação da semente ao final de seu desenvolvimento. Sendo assim, as estruturas responsáveis pela desidratação são associadas à evolução da família. Gunn [3] cita a válvula putativa como responsável pela desidratação das sementes de Cercideae, embora o autor não apresente ilustração da estrutura nem nenhuma referência adicional. Em Caesalpinioideae e Mimosoideae, a desidratação é associada ao pleurograma [3] e, em Faboideae, à barra de traqueídes [2].

Gunn [3], em seu trabalho revisional, destaca a seguinte pergunta, considerada a grande incógnita na desidratação das sementes de Fabaceae: “se o hilo de Faboideae e o pleurograma funcionam como válvulas higroscópicas, então qual é a válvula das sementes de Mimosoideae e Caesalpinioideae sem pleurograma?”.

Uma possível resposta para a pergunta seria a região hilo-micropilar, que pode agir como válvula higroscópica. Nas espécies aqui estudadas de *Chamaecrista*, as células fundamentais sub-hilares, com espessamentos pécticos de aspecto espiralado, podem ser denominadas células traqueoidais (ou traqueóides) em analogia a células de aspecto similar ocorrentes em outros tegumentos [11] e parecem ter a função de, no amadurecimento, absorver água da semente, por meio do xilema do feixe rafeal. Como a micrópila é adjacente ao hilo nestas plantas, a água acumulada nos traqueóides do tecido sub-hilar pode ser perdida pelo poro micropilar, permanentemente aberto nestas espécies como demonstrado pelo presente trabalho. Entretanto, reconhece-se a necessidade de estudos experimentais, imprescindíveis para comprovar a hipótese associada à estrutura descrita neste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao M.Sc. Rubens Teixeira Queiroz, pela identificação das espécies de *Chamaecrista*.

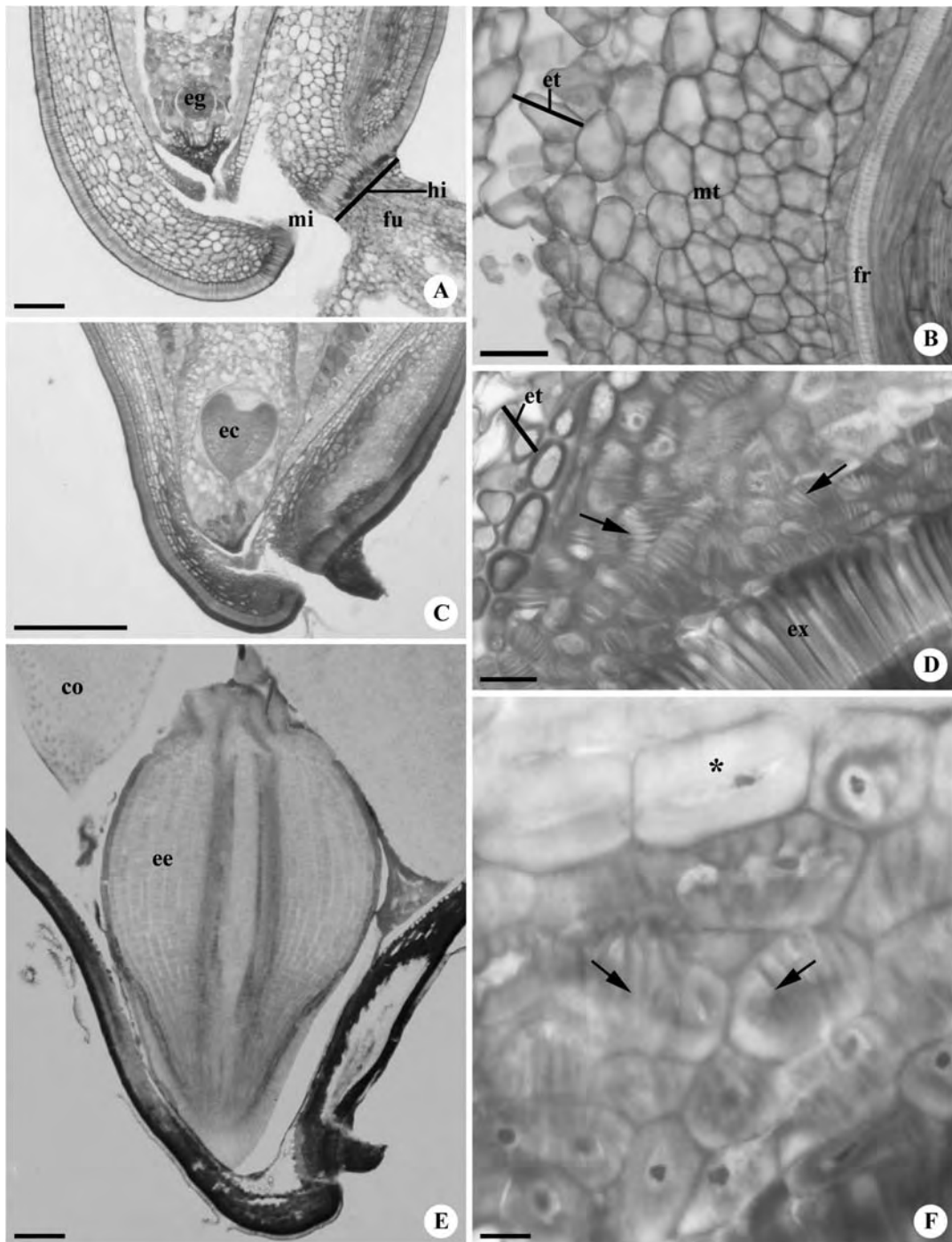
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CORNER, E.J.H. 1951. The leguminous seed. *Phytomorphology*, 1: 117-150.
- [2] HYDE, E.O.C. 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Annals of Botany*, 18: 241-256.
- [3] GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. (Eds.) *Advances in Legume Systematics*. Kew: Crown Copyright. p.913-926.
- [4] IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1976. Nomenclatural notes on *Cassia* Linnaeus (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Brittonia*, 28: 435-442.



- [5] DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; & SIQUEIRA, M.F. 2004. *Plantas do Cerrado Paulista: Imagens de uma Paisagem Ameaçada*. São Paulo, Páginas & Letras Editora e Gráfica. 475p.
- [6] LORENZI, H. 2000. *Plantas Daninhas do Brasil: Terrestres, Aquáticas, Parasitas e Tóxicas*. 3.ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 640p.
- [7] JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book. 523p.
- [8] O'BRIEN, T.P.; FEDER, N. & McCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59: 368-373.
- [9] JENSEN, W.A. 1962. *Botanical Histochemistry: Principles and Practice*. San Francisco, W.H. Freeman. 408p.
- [10] SASS, J.E. 1951. *Botanical Microtechnique*. Ames, Iowa State University. 228p.
- [11] LERSTEN, N.R.; KRUEGER, L. & CURTIS, J.D. 2002. Traqueoid variation among Bignoniaceae seed wings, with emphasis on *Campsis radicans*. *International Journal of Plant Science*, 163: 369-378.

## **Ilustrações**



**Figura 1.** Sementes de *Chamaecrista*. 1A-B. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 1A. Detalhe da região hilo-micropilar de semente jovem com embrião no estágio globular. 1B. Detalhe do tecido sub-hilar. 1C-D. *Chamaecrista flexuosa*. 1C. Detalhe da região hilo-micropilar de semente jovem com embrião cordiforme. 1D. Detalhe do tecido sub-hilar, mostrando o espessamento das células traqueoidais em início de diferenciação (setas). 1E-F. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 1E. Detalhe da região hilo-micropilar da semente madura. 1F. Detalhe do tecido sub-hilar, evidenciando a diferença entre as células comuns da mesotesta (asterisco) e o tecido sub-hilar (setas). (co, cotilédone; ec, embrião cordiforme; ee, eixo embrionário; eg, embrião globular; et, endotesta; ex, exotesta; fr, feixe rafeal; fu, funículo; hi, hilo; mi, micrópila; mt, mesotesta). Escalas = Fig. 1A, 100  $\mu$ m; Fig. 1B, 200  $\mu$ m; Fig. 1C, 25  $\mu$ m; Fig. 1D, 25  $\mu$ m; Fig. 1E, 200  $\mu$ m; Fig. 1F, 10  $\mu$ m.

**CAPITULO IV**

---

**OCORRÊNCIA DE COLÉTERES EM EMBRIÕES DE TRÊS ESPÉCIES DE  
*CHAMAECRISTA MOENCH (FABACEAE: CAESALPINIOIDEAE)*<sup>1</sup>**

Orlando Cavalari De-Paula<sup>2</sup> e Denise Maria Trombert Oliveira<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>. Trabalho encaminhado como resumo expandido ao LVII Congresso Nacional de Botânica, a ser realizado em novembro/2006 em Gramado, RS. Aceito para publicação na Revista Brasileira de Biociências (ISBN 1679-2343). Apoio financeiro: FAPESP/BIOTA.

<sup>2</sup>. Mestrando do Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), área de concentração Morfologia e Diversidade Vegetal, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>3</sup>. Professora Assistente Doutora do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: denise@ibb.unesp.br.

## INTRODUÇÃO

Os coléteres são estruturas glandulares que consistem de um eixo curto multicelular terminando em uma projeção ou um disco expandido de células secretoras [1]. A palavra coléter vem do grego *colla*, cola, indicando a secreção pegajosa desta estrutura, comumente encontrada em órgãos foliares jovens. Frequentemente, produzem uma mistura de terpenos e mucilagem [2]. Geralmente, são encontrados em folhas jovens ou estípulas, protegendo-as da dessecação [3].

Segundo levantamento realizado por Thomas [4], nas leguminosas os coléteres são encontrados somente nas subfamílias Mimosoideae e Faboideae, e ausente em Caesalpinioideae. Solereder [5] destaca a presença de coléteres em estípulas de espécies de Mimosoideae. Em Faboideae, coléteres são encontrados no pecíolo [5] e em estípulas [6]. Entretanto, estudos sobre coléteres na família Fabaceae são escassos e restritos a poucos gêneros.

O gênero *Chamaecrista* apresenta aproximadamente 250 espécies principalmente neotropicais, centradas especialmente no leste do Brasil [7]. No cerrado, o gênero consta de 100 espécies, sendo o gênero mais numeroso do bioma segundo o levantamento de Mendonça *et al.* [8].

O presente trabalho registra, pela primeira vez, a ocorrência de coléteres no embrião de três espécies de *Chamaecrista* ocorrentes no cerrado do estado de São Paulo, analisando-os estruturalmente.

## MATERIAL E MÉTODOS

### A. Material

Ramos férteis de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip. var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby foram coletados em fragmentos de cerrado nas proximidades do Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. O material foi herborizado e depositado no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujnicov” (BOTU) do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu registrado sob os números 24.505, 24.506 e 24.507 respectivamente.

### B. Microscopia de luz

Sementes em diversas fases de desenvolvimento foram fixadas em FAA 50 por 48 horas [9] e conservadas em etanol a 70%. O material fixado foi desidratado em série etílica, incluído em metacrilato (Leica®) conforme protocolo do fabricante, seccionado em

micrótomo rotativo com 6 a 10 µm de espessura em diversos planos; as secções obtidas foram coradas com azul de toluidina 0,05%, pH 4,7 [10] e montadas em resina sintética. As lâminas permanentes foram observadas em microscópio de luz Olympus BX41, sendo documentadas digitalmente.

### C. Testes histoquímicos

Foram realizados os seguintes testes, a partir de secções a mão livre do material fresco: para evidenciar polissacarídeos e pectinas, utilizou-se vermelho de rutênio [11]; para substâncias lipídicas, Sudan IV; para amido, lugol; para compostos fenólicos, cloreto férrico acrescido de carbonato de sódio [9]; para proteínas, azul mercúrio de bromofenol [12]. O material foi montado em água e observado imediatamente em microscópio de luz Olympus BX41.

## RESULTADOS

Os coléteres localizam-se nas axilas dos cotilédones, lateralmente à plúmula, no ápice do eixo embrionário (Figura 1A), e variam numericamente entre as espécies estudadas. Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, ocorrem doze coléteres apresentados em trios enfileirados (Figura 1B), sendo dois trios em cada axila cotiledonar. Além disso, há variação na diferenciação dos coléteres, sendo os mais externos maiores e mais diferenciados que os internos (Figuras 1B, 1C). *Chamaecrista flexuosa* possui quatro coléteres, com a mesma disposição da espécie anterior (Figura 1D, 1E). Em *C. nictitans* var. *patellaria*, ocorrem oito coléteres, seguindo o mesmo padrão de distribuição das espécies anteriores (Figuras 1F, 1G).

Os coléteres possuem formato claviforme, com base e ápice afilados. A epiderme possui células justapostas, levemente alongadas radialmente (Figuras 1B, 1E, 1G), contendo gotículas lipídicas e proteínas. Os coléteres são preenchidos por parênquima de células isodiamétricas e justapostas, sendo seu conteúdo semelhante ao presente na epiderme. Não são observados feixes vascularizando essas estruturas.

Observou-se uma diferença também na atividade secretora dos coléteres estudados. Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, os coléteres permanecem inativos, não sendo observado nenhum tipo de secreção. Em *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*, os coléteres apresentam atividade, liberando secreção de natureza péctica (Figuras 1D, 1E, 1F, 1G).

## DISCUSSÃO

Segundo Thomas [4], a distribuição de coléteres possui valor taxonômico indiscutível. Em Fabaceae, os registros anteriores de coléteres estão restritos às subfamílias Mimosoideae e

Faboideae [4], sendo ampliado para Caesalpinioideae neste trabalho.

Para as sementes, não foram observados trabalhos sobre a ocorrência de coléteres, sendo este o primeiro registro deste fato.

O valor taxonômico do embrião é destacado por diversos autores [13, 14, 15, 16, 17, 18], mesmo considerando apenas aspectos morfológicos. Dados anatômicos, ainda raros para os embriões da maioria das espécies, podem acrescentar valiosas informações, tanto para trabalhos taxonômicos como ecológicos e filogenéticos.

A provável função dos coléteres é resguardar o desenvolvimento meristemático pela secreção de um líquido viscoso, geralmente incolor ou amarelo claro [4]. Além da função de proteção contra a dessecação, os coléteres podem agir como repelente de insetos [19, 20], protegendo plantas contra herbívoros e patógenos [21].

A presença de coléteres na axila cotiledonar pode constituir uma adaptação à germinação em condições adversas como as do bioma cerrado, onde ocorre grande número de espécies de *Chamaecrista*.

## AGRADECIMENTOS

Ao M.Sc. Rubens Teixeira Queiroz, pela identificação das espécies de *Chamaecrista*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

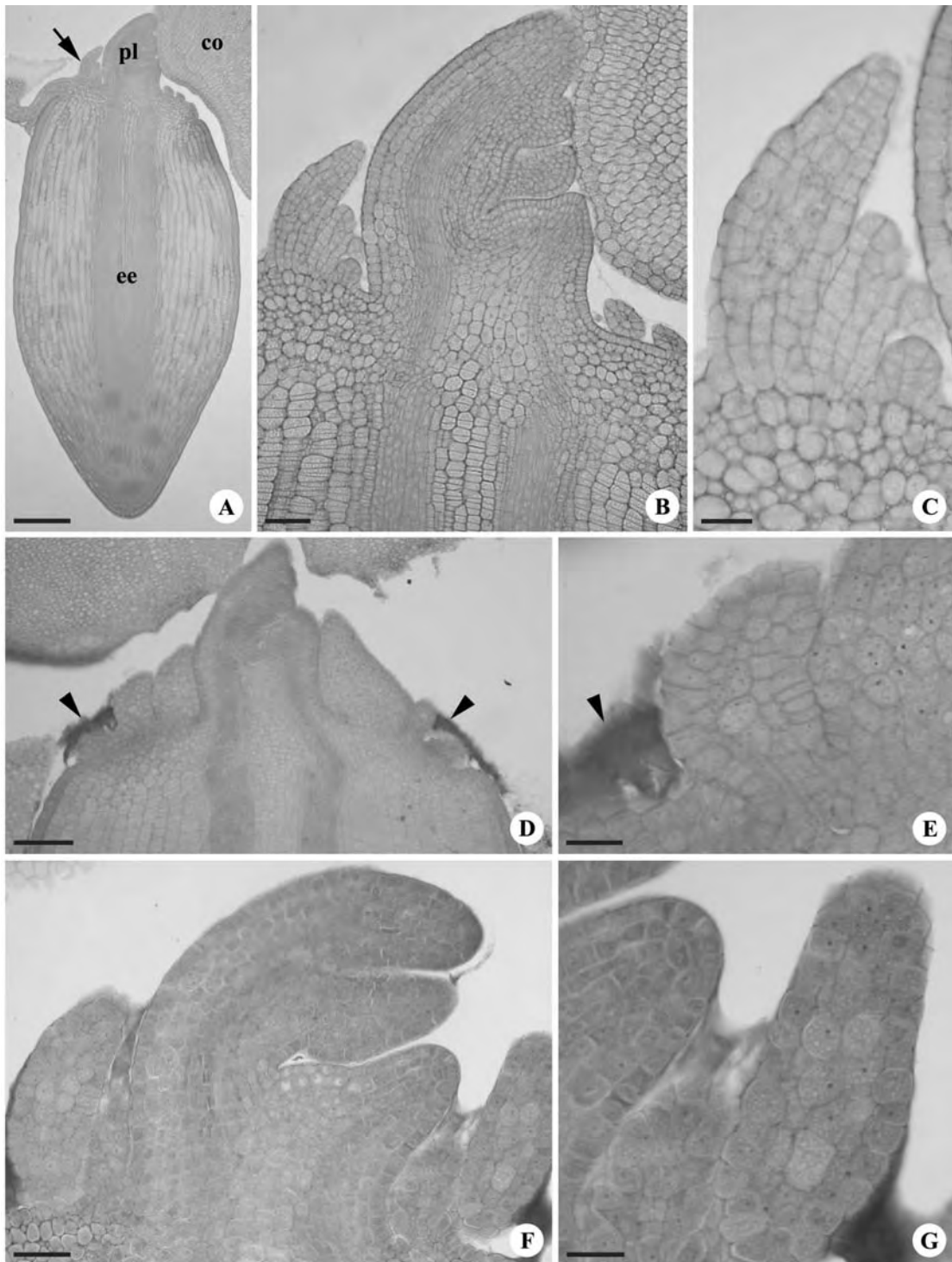
- [1] FOSTER, A.S. 1949. *Practical Plant Anatomy*. New York, Von Nostrand. 228p.
- [2] ESAU, K. 1976. *Anatomy of Seed Plants*. 3.ed. New York, John Willey and Sons. 293p.
- [3] KRONSTEDT-ROBARDS E. & ROBARDS, A.W. 1991. Exocytosis in glandular cells. In: HAWES, C.R.; COLEMAN, J.O.D. & EVANS, D.E. (Eds.). *Endocytosis, Exocytosis and Vesicle Traffic in Plants*. Cambridge, Cambridge University Press. p.199-232.
- [4] THOMAS, V. 1991. Review Article. Structural, functional and phylogenetic aspects of the colleter. *Annals of Botany*, 68: 287-305.
- [5] SOLEREDER, H. 1908. *Systematic Anatomy of Dicotyledons*. Oxford, Claredon Press. 1182p.
- [6] RUTISHAUSER, R. & DICKISON, W.C. 1989. Development morphology of stipules and systematics of the Cunoniaceae and presumed allies. I. Taxa with interpetiolar stipules. *Botanica Helvetica*, 99: 149-169.

- [7] IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1981. Tribe 2. Cassieae Bronn (1822). In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. (Eds.). *Advances in Legume Systematics*. Kew: Crown Copyright. p.97-106.
- [8] 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: SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. (Eds.). *Cerrado: Ambiente e Flora*. Brasília: Embrapa – CPAC. p.288-556.
- [9] JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book. 523p.
- [10] O'BRIEN, T.P.; FEDER, N. & McCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59: 368-373.
- [11] JENSEN, W. A. 1962. *Botanical Histochemistry: Principles and Practice*. San Francisco, W.H. Freeman. 408p.
- [12] MAZIA, J.C., BREMER, P.A. & ALFERT, M. 1953. The cytochemical staining and measurement of protein with mercuric bromophenol blue. *Biological Bulletin*, 110: 57-67.
- [13] DE CANDOLLE, A.P. 1825. *Mémoires sur la Famille des Légumineuses*. Paris, A. Berlin. 525p. *apud* GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. (Eds.). *Advances in Legume Systematics*. Kew: Crown Copyright. p.913-926.
- [14] COMPTON, R.H. 1912. An investigation of the seedling structure in the Leguminosae. *The Journal of the Linnean Society of London Botany*, 41: 1-122.
- [15] GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. (Eds.). *Advances in Legume Systematics*. Kew: Crown Copyright. p.913-926.
- [16] POLHILL, R.M., RAVEN, P.H. & STIRTON, C.H. 1981. Evolution and systematics of the Leguminosae. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. (Eds.). *Advances in Legume Systematics*. Kew: Crown Copyright. p.27-34.
- [17] KIRKBRIDE Jr., J.H., GUNN, C.R. & RITCHIE, C.A. 1994. Seed and fruit phylogenies of Caesalpinioideae and Mimosoideae (Fabaceae) and their tribes. In: FERGUSON, I.K. & TUCKER, S.C. (Eds.). *Advances in legume systematics*. Kew: Royal Botanic Gardens. p.117-140.
- [18] OLIVEIRA, D.M.T. 1999. Morfo-anatomia do embrião de leguminosas arbóreas nativas. *Revista Brasileira de Botânica*, 22: 413-427.
- [19] SMITH, R.H. 1963. Preferential attack by *Dendroctonus terebrans* on *Pinus elliottii*. *Journal of Economic Entomology*, 56: 817-819.



- [20] CURTIS, J.D. & LERSTEN, N.R. 1974. Morphology, seasonal variation and function of resin glands on buds and leaves of *Populus deltoides* (Salicaceae). *American Journal of Botany*, 61: 835-845.
- [21] DELL, B. 1977. Distribution and function of resin and glandular hairs in Western Australian Plants. *Journal of Proceedings of the Royal Society of Western Australia*, 59: 119-123.

## **Ilustrações**



**Figura 1.** Aspectos do embrião de *Chamaecrista*. 1A-C. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 1A. Vista geral do eixo embrionário evidenciando os coléteres (seta). 1B. Detalhe da plúmula. 1C. Detalhe dos coléteres. 1D-E. *Chamaecrista flexuosa*. 1D. Vista geral da plúmula, evidenciando o coléter com secreção péctica (pontas de seta). 1E. Detalhe do coléter (ponta de seta: secreção péctica). 1F-G *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 1F. Vista geral da plúmula. 1G. Detalhe do coléter em fase secretora. (co, cotilédone; ee embrionário; pl, plúmula). Escalas = Fig. 1A, 500  $\mu$ m; 1B, 50  $\mu$ m; Fig. 1C, 25  $\mu$ m; Fig. 1D, 50  $\mu$ m; Fig. 1E, 25  $\mu$ m; Fig. 1F, 50  $\mu$ m; Fig. 1G, 25  $\mu$ m.

**CAPÍTULO V**

---

**MORFOANATOMIA E ONTOGÊNESE DA SEMENTE DE TRÊS ESPÉCIES DE  
*CHAMAECRISTA* MOENCH (FABACEAE, CAESALPINIOIDEAE)<sup>1</sup>**

Orlando Cavalari De-Paula<sup>2</sup> e Denise Maria Trombert Oliveira<sup>2,3</sup>

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado de O.C., De-Paula desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: denise@ibb.unesp.br

**RESUMO** – Numerosas espécies de *Chamaecrista* ocorrem no cerrado e em outras regiões de solo pobre, sendo consideradas invasoras devido ao seu grande sucesso reprodutivo. Apesar de haver muitos estudos sobre a estrutura das sementes de leguminosas, muitas lacunas ainda permanecem. Este trabalho objetiva estudar a morfologia, anatomia e desenvolvimento das sementes de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*, *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria*, espécies típicas do cerrado. O material foi processado segundo técnicas usuais. A análise anatômica revelou um padrão estrutural entre as espécies, que apresentam muitas das estruturas típicas da família. O óvulo é anátropo, bitegumentado, crassinucelado, com micrópila em ziguezague e funículo curto. O tegumento externo é mais amplo que o interno e abriga o feixe rafeal pouco diferenciado, que termina na calaza. O nucelo é multisseriado, bem denso e abriga divisões celulares. As sementes maduras são anátropas, com hilo circular e micrópila subterminal; pleurogramas múltiplos ocorrem nas regiões laterais nas três espécies. A testa é composta por um estrato mucilaginoso, exotesta em paliçada, hipoderme em ampulheta, várias camadas de células parenquimáticas espessadas e endotesta indistinta; próximo à micrópila, a endotesta também forma células em ampulheta. O tegumento interno é residual. O nucelo é persistente com uma a três camadas de células alongadas e sem reserva. São sementes albuminosas e o endosperma tem formação nuclear, acumulando reserva parietal péctica e citoplasmática protéica e lipídica. O embrião tem eixo curto, parcialmente recoberto pelos cotilédones, que são foliáceos, tendendo a dorsiventrais, e também acumulando proteínas e lipídios.

**PALAVRAS-CHAVE** – anatomia, desenvolvimento, morfologia, semente, *Chamaecrista*, tegumento, endosperma, embrião

## INTRODUÇÃO

Fabaceae (Leguminosae) é a terceira maior família entre as Angiospermas, contendo 730 gêneros e 19.400 espécies (Lewis *et al.* 2005). Classicamente, as Fabaceae são divididas em três subfamílias (Polhil & Raven 1981, Judd *et al.* 1999): Caesalpinioideae, Faboideae (Papilionoideae) e Mimosoideae. A subfamília Caesalpinioideae é composta por 161 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies, predominantemente tropicais (Lewis *et al.* 2005), e é dividida em cinco tribos: Caesalpinieae, Cassieae, Cercideae, Detarieae e Macrolobieae (Breteler 1995). O gênero *Chamaecrista* (Cassieae) compreende cerca de 250 espécies neotropicais, encontradas principalmente no leste do Brasil (Irwin & Barneby 1981). Lorenzi

(2000) destaca as espécies de *Chamaecrista* como invasoras, ocorrendo em pastagens, beira de estradas e terrenos baldios; sua propagação é dada exclusivamente por sementes.

Segundo Mendonça *et al.* (1998), as Fabaceae são a mais rica família do bioma cerrado, contando com 101 gêneros e 777 espécies. Os mesmos autores citam o gênero *Chamaecrista* como o gênero mais numeroso do bioma, possuindo 100 espécies.

Segundo Corner (1976), as sementes de leguminosas variam de pequenas a muito grandes, geralmente com a superfície dura e lisa, podendo ser arilada ou não, albuminosa ou exalbuminosa.

As sementes de *Chamaecrista* são descritas como trapezóides, sem pleurograma, com a testa fina e pintalgada, onde as pintas são dispostas em linhas verticais (Irwin & Barneby 1976), não se encontrando muitos dados referentes à anatomia das sementes. Exceção a isso é o trabalho de Souza (1977), que analisa a anatomia seminal de *Cassia cathartica* (atualmente *Chamaecrista cathartica*), destacando que as sementes apresentam a estrutura típica das Caesalpinioideae e De-Paula & Oliveira (dados não publicados), que interpretam as pintas tegumentares do gênero como pleurogramas múltiplos.

As espécies de *Chamaecrista* selecionadas para este trabalho são encontradas com grande frequência nos cerrados da região de Botucatu. São espécies arbustivas, ocorrendo agrupadas e sendo encontradas também em regiões degradadas e em solos arenosos, mesmo em margens de rodovias e terrenos baldios.

O presente trabalho tem como objetivos realizar um estudo morfológico, anatômico e ontogenético da semente de três espécies de *Chamaecrista*, comparando os caracteres encontrados nessas espécies com outros *taxa* da família e verificando a ocorrência de adaptações estruturais associadas ao sucesso reprodutivo dessas espécies e ao bioma cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Ramos férteis de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula* (Benth.) G.P. Lewis, *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene e *Chamaecrista nictitans* L. var. *patellaria* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby foram coletados em fragmentos de cerrado nas proximidades do Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. O material foi herborizado e depositado no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujnicov” (BOTU) do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, câmpus de Botucatu, registrado sob os números 24.505, 24.506 e 24.507 respectivamente.

As características morfológicas das sementes foram descritas a partir de amostras de 50 unidades, provenientes de diferentes indivíduos. A nomenclatura foi baseada em Martin (1946), Corner (1951, 1976), Gunn (1981) e Werker (1997). A ilustração foi realizada em estereomicroscópio Olympus SZ61, sendo as imagens obtidas digitalmente.

Sementes em diversas fases de desenvolvimento foram coletadas e processadas a fresco ou fixadas. Para fixação, utilizou-se FAA 50 por 48 horas (Johansen 1940) e conservação em etanol a 70%. Lâminas permanentes foram confeccionadas a partir do material fixado, desidratado em série etílica e incluído em metacrilato (Leica®), conforme protocolo do fabricante. O material foi seccionado em micrótomo rotativo com 6 a 10 µm de espessura nos vários planos, sendo as secções coradas com azul de toluidina 0,05%, pH 4,7 (O'Brien *et al.* 1964), montadas em resina sintética e analisadas em microscópio de luz Olympus BX41, obtendo-se as imagens digitalmente.

Foram realizados os seguintes testes histoquímicos em secções manuais do material fresco: para evidenciar polissacarídeos e pectinas, vermelho de rutênio (Jensen 1962); para paredes lignificadas, floroglucinol acrescido de ácido clorídrico (Sass 1951); para substâncias lipídicas, Sudan IV; para amido, lugol; para compostos fenólicos, cloreto férrico acrescido de carbonato de sódio (Johansen 1940); para proteínas, azul mercúrio de bromofenol (Mazia *et al.* 1953).

## RESULTADOS

Na fase inicial do desenvolvimento da semente, as três espécies apresentam-se similares entre si. Os óvulos em ovários de flores em pré-antese são anátropos e quase sésseis (Figuras 1, 5), bitegmentados e crassinucelados (Figuras 1-5). O tegumento externo é composto por três a nove camadas de células meristemáticas. O tegumento interno possui duas a três camadas de células, semelhantes às externas. A micrópila apresenta-se em zig-zague, ou seja, exostoma e endóstoma não coincidem (Figuras 1-2, 5). A vascularização ovular é dada por um cordão procambial imerso no parênquima, que percorre a rafe e encerra-se na calaza. Internamente, observa-se o nucelo bem denso, multisseriado e com divisões celulares, onde se inicia a formação do megagametofito (Figuras 1-3).

No óvulo do ovário em pós-antese, destaca-se a ocorrência de divisões celulares. Na base da região rafeal, as divisões constituem um primórdio da lente (Figuras 5-6). Na região calazal, também se observam numerosas divisões (Figura 5).

As três espécies distinguem-se morfológicamente a partir da fase de divisões celulares. A partir daí, foram observados dois padrões estruturais, sendo que *C. desvauxii* var. *latistipula* (Figuras 7-15) distingue-se de *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria* (Figuras 16-24).

Em *C. desvauxii* var. *latistipula*, a semente jovem possui formato oblongo e bem alongado, com região calazal e micropilar arredondadas (Figura 7). Em secção transversal, a semente apresenta-se com formato elíptico e saliências arredondadas na lateral (Figura 12). O funículo é formado por aerênquima (Figura 8), envolvendo um único feixe vascular. No contato do tegumento com o funículo, observa-se um depósito de compostos pécticos, constituindo a zona de abscisão (Figura 9). Na região calazal, verifica-se um conjunto de células alongadas radialmente (Figura 10), com paredes impregnadas por compostos fenólicos. Mesmo bastante alongada, a semente exibe, nesta fase, o embrião globular (Figuras 11), junto do qual prolifera o endosperma nuclear.

Os tegumentos também passam por modificações. A exotesta inicia o alongamento radial de suas células e o restante da testa permanece indiferenciado (Figura 12-15). A vascularização da semente jovem é dada pelo feixe rafeal (Figuras 12, 14) e por uma extensão pós-calazal, formada paralelamente as divisões celulares que aumentam o tamanho da semente (Figuras 12, 15). O tegumento interno começa a ser comprimido (Figura 13), embora se mantenha distinto na micrópila (Figuras 7, 11).

As sementes jovens de *C. flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria* são claviformes em secção longitudinal, sendo afiladas na região micropilar e arredondadas na região calazal. A rafe, durante o desenvolvimento, torna-se ligeiramente mais longa que a anti-rafe, de modo que micrópila e calaza não permanecem alinhadas no plano mediano (Figura 16). Em secção transversal, o formato das sementes é elíptico, com a região lateral achatada (Figura 21). A lente diferencia-se nesta fase, sendo seu maior volume dado por divisões periclinais da camada hipodérmica (Figura 17). Nesta região, próximas ao feixe rafeal, as células hipodérmicas lignificam-se precocemente. Na calaza, observa-se nítido desarranjo do feixe vascular (Figura 18). Na região sub-hilar, células parenquimáticas diferenciam-se em células traqueoidais (Figura 19), exibindo espessamentos helicoidais pécticos. O embrião, nesta fase, já se apresenta cordiforme e mostra o início da diferenciação do procâmbio (Figuras 16, 20). O endosperma encontra-se em formação e mantém-se nuclear.

Na maioria da extensão dos tegumentos, estas duas espécies também se mostram similares a *C. desvauxii* var. *latistipula*. A exotesta inicia alongamento de suas células, que se mostram paliçádicas (Figuras 22-24). A vascularização da semente é dada pelo feixe rafeal (Figuras 21, 23) e uma extensão pós-calazal, ambos colaterais (Figuras 21, 24). O tegumento



interno apresenta-se colapsado (Figura 22) em grande extensão, embora não se altere na micrópila (Figura 16).

Na maturidade, as sementes das três espécies são anátropas, com micrópila subterminal e hilo circular (Figuras 25-27, 30-32, 35-37). As sementes variam em formato e coloração, sendo que *C. desvauxii* var. *latistipula* permanece com formato claviforme alongado (Figura 25), com coloração marrom-escuro, e *Chamaecrista flexuosa* e *C. nictitans* var. *patellaria* têm formato trapezoidal (Figuras 30, 35), sendo distintas por sua coloração: *C. flexuosa* tem coloração parda e pleurogramas marrons e *C. nictitans* var. *patellaria* tem a região micropilar marrom-clara e o restante do tegumento marrom escuro. Nas três espécies, o embrião é axial e constituído por dois cotilédones plano-convexos, de formato semelhante ao da semente, unidos ao eixo hipocótilo-radícula curto e reto com plúmula pouco diferenciada (Figuras 28-29, 33-34, 37-38).

As sementes maduras são unitegmentadas, visto que o tégmen foi totalmente colapsado, apresentando-se adnato à testa como uma fina camada péctica (Figuras 39, 41, 45-47, 51, 52), sendo distingüível apenas na micrópila. A exotesta é composta de estrato mucilaginoso espesso e muito evidente, externo à camada de células em paliçada. A mesotesta apresenta uma camada hipodérmica de células em ampulheta pouco diferenciadas e o restante por várias camadas de células parenquimáticas, sendo todas espessadas e impregnadas por substâncias pécticas. A endotesta tem estrutura diferente dependendo da parte da semente analisada: na região lateral, apresenta-se indiferenciada, similar às células da mesotesta (Figuras 39, 45, 51); na região micropilar, a endotesta apresenta células em ampulheta bem diferenciadas, menos espessadas que as hipodérmicas, delimitando nítidos espaços intercelulares (Figuras 40, 46, 52).

Observando-se externamente as sementes das três espécies de *Chamaecrista*, verificou-se a ocorrência de múltiplos pleurogramas e da lente. Os pleurogramas são representados por uma diminuição do estrato mucilaginoso, acompanhada por ondulação na paliçada e aumento do tamanho das células da camada hipodérmica (Figuras 41, 47, 53). Na lente, as principais modificações são encontradas na mesotesta. Nas três espécies a região hipoderme da lente é unisseriada e possui células parenquimáticas de paredes pouco espessadas nas laterais e a lignificadas, compondo várias camadas, e multisseriada no centro. Próximo aos feixes, a mesotesta é composta por células lignificadas e alongadas longitudinalmente.

Nas três espécies de *Chamaecrista* estudadas, verificou-se que o nucelo é persistente, entretanto sem diferenciação de células e acúmulo de substâncias; ocorrem de uma a três

camadas de células, que podem ser observadas nas Figuras 39, 45, 48, 51-54. As sementes são albuminosas e o endosperma encontra-se totalmente celularizado, sendo pétreo e hialino na semente seca; quando embebido, suas células apresentam-se mucilaginosas, com paredes celulares apresentando espessamento irregular (Figuras 39, 45, 51, 53), com muitos campos de pontuação primários; nas paredes celulares, há intenso conteúdo péctico. Além da reserva parietal o endosperma possui acúmulo citoplasmático de proteínas e lipídios.

Analisando o embrião, verifica-se que os cotilédones (Figuras 44, 50) apresentam protoderme unisseriada com células cubóides e justapostas. O mesofilo possui meristema fundamental tendendo a paliçádico voltado para a face adaxial e células tendendo a isodiamétricas em direção a face abaxial; imersos entre os dois tipos de células fundamentais, vascularizando o cotilédone, são observados vários cordões procambiais no mesofilo (Figuras 43, 49 e 55). No conteúdo das células cotiledonares, exceto nas procambiais, observa-se grande quantidade de proteínas e lipídios.

O eixo hipocótilo-radícula é composto por protoderme unisseriada com células cubóides e justapostas, meristema fundamental e células procambiais. O procâmbio é disposto como um cilindro maciço na radícula; no hipocótilo, internamente ao círculo de procâmbio, observa-se meristema fundamental constituindo a medula. A radícula apresenta primórdio de coifa bastante diferenciado. No ápice do eixo, o epicótilo é muito curto e a plúmula é diferenciada, observando-se primórdios de folíolos (Figuras 44, 50, 56). Axilarmente aos cotilédones, próximos à plúmula, são encontrados coléteres nas três espécies (Figuras 44, 50, 56).

## DISCUSSÃO

A definição de semente é um assunto controverso na literatura botânica. Para Angiospermas, uma boa definição de semente é proposta por Eames (1961), que considerada semente toda estrutura que contenha ao menos um embrião em algum estágio de desenvolvimento.

De acordo com Corner (1976), os óvulos das leguminosas são anátropos ou mais ou menos campilótropos, bitegmentados e crassinucelados; o tegumento externo possui cerca de duas a dez camadas de células de parede pouco espessadas e o tegumento interno possui cerca de duas a três camadas de células de mesma natureza. Quanto a esses aspectos, as sementes das três espécies aqui estudadas enquadram-se tipicamente no padrão descrito para a família.

Nas sementes de leguminosas, o desenvolvimento do tegumento externo é geralmente multiplicativo. Como podem ser observadas divisões periclinais, há aumento do número de

camadas e é interessante caracterizar ontogeneticamente as partes da semente, especialmente tegumentares. Corner (1951) define a testa como originária do tegumento externo do óvulo e o tégmen como proveniente do tegumento interno e afirma que as sementes de Fabaceae são caracterizadas como testais, ou seja, compostas pelo desenvolvimento do tegumento externo, embora provenientes de óvulos bitegmentados.

Classicamente, considera-se que o tegumento interno, nas leguminosas é totalmente reabsorvido (Pitot 1935b, Boelcke 1946, Eames & MacDaniels 1947, Corner 1951, Sterling 1954, Takao 1962). Mais recentemente, numerosos trabalhos têm registrado algum grau de remanescência (Deshpande & Untawale 1971, Souza 1977, Manning & Van Staden 1987, Crestana & Beltrati 1988, Souza 1988, Martins & Oliveira 2001), desde resquílios celulares (Oliveira & Beltrati 1993), passando pela manutenção de células apenas na região micropilar nas espécies de *Chamaecrista* aqui estudadas, até a preservação de todo o tegumento interno que, coalescido ao externo, passa a formar a endotesta na semente de *Pterodon emarginatus* (Oliveira & Paiva 2005).

A anatomia do tegumento seminal é um assunto que desperta grande interesse entre os pesquisadores e muitas contribuições têm sido registradas na literatura. Para a família Fabaceae, tem sido descrito um padrão estrutural que consta de estrato mucilaginoso externo, exotesta em paliçada ou com macroesclereídes, camada hipodérmica com células em ampulheta ou osteoesclereídes, mesotesta com células espessadas e endotesta diferenciada em células em ampulheta ou indiferenciada, semelhante a mesotesta (Netolitzky 1926, Corner 1951, 1976, Werker *et al.* 1973, Gunn 1981). Em *Chamaecrista*, não há esclereídes e a endotesta varia na própria semente, diferenciando-se em células em ampulheta somente junto à micrópila. Esta variação pode ser associada à pressão irregular sofrida pelo tegumento durante o desenvolvimento seminal. Nas laterais, o tegumento, pressionado internamente pelo crescimento do embrião e do endosperma, encontra a barreira pericárpica externamente e a endotesta assume o mesmo aspecto da mesotesta, sem meatos. Na região micropilar, contudo, apenas a extremidade radicular do embrião se projeta, não pressionando a região interna do tegumento, que desenvolve as células em empulheta com espaços intercelulares nítidos.

A dureza do tegumento seminal das leguminosas é tida como uma das maiores vantagens adaptativas do grupo, já que sementes produzidas num momento podem germinar em tempos diferentes. Esta dureza, dada pela drástica desidratação da semente ao final de seu desenvolvimento, nem sempre está relacionada à presença de tecidos lignificados. Sendo assim, as estruturas responsáveis pela desidratação seminal são associadas à evolução dessas espécies. Gunn (1981) cita a válvula putativa como responsável pela desidratação das sementes

de Cercideae (Caesalpinioideae) e afirma que, em outras tribos de Caesalpinioideae e nas Mimosoideae o pleurograma é responsável pelo processo. Na subfamília Faboideae, a desidratação das sementes é relacionada à estrutura hilar (Hyde 1954) e, em *Chamaecrista*, a desidratação parece estar associada ao tecido sub-hilar e à micrópila (De-Paula & Oliveira 2006a).

Os compostos fenólicos, especialmente taninos, protegem as plantas contra fungos e bactérias primariamente, e são considerados importantes contra a herbivoria (Roth 1977, Rosenthal & Janzen 1979, Swain 1979). Esses compostos são, ainda, relacionados à coloração dos tegumentos (Werker 1997), bem como à dureza seminal (Werker *et al.* 1973). Em *Chamaecrista*, é provável que os compostos fenólicos tegumentares atuem nos três sentidos, fornecendo proteção, conferindo a coloração escura e contribuindo para a impermeabilidade do tegumento da semente.

Apesar do tegumento das Fabaceae ser amplamente estudado, determinadas estruturas tegumentares de espécies desse grupo são pouco mencionadas na literatura, como a lente e o pleurograma. A lente é todo reforço de tecido normal de sementes, situado entre o hilo e a calaza, sobre a trajetória do principal feixe vascular (Pitot 1935a). Sua função é relacionada com a permeabilidade da semente à água, embora detalhes não sejam ainda conhecidos; considera-se que a lente seja uma das regiões associadas à embebição, visto que o tegumento das leguminosas é tido como impermeável (Hamly 1932, Tran 1979, Gunn 1981).

Já o pleurograma, definido por Corner (1976) como uma área especial, localizada lateralmente nas sementes, delimitada por uma linha definida, tem características peculiares às Mimosoideae e às Caesalpinioideae. O.C. De-Paula & D.M.T. Oliveira (dados não publicados) relatam a ocorrência de pleurogramas múltiplos em *Chamaecrista* (Caesalpinioideae), destacando que estudos detalhados sobre o pleurograma são imprescindíveis para o esclarecimento de suas funções.

Também a estrutura do funículo é pouco referida, porém muito variável e associada à dispersão da semente (Werker 1997). Nas espécies estudadas de *Chamaecrista*, produtoras de legumes típicos, o funículo está associado à dispersão autocórica. Para que a semente seja eficientemente dispersada durante a deiscência do fruto, é necessária, como registrada neste trabalho, a existência de um funículo com tecidos delicados, especialmente o aerenquimático, de modo a não haver impedimento do lançamento do diásporo; também é importante a existência de uma zona de abscisão entre a testa e o funículo, conforme aqui documentada.

A presença do nucelo na semente madura, associada ao acúmulo de substâncias nutritivas, relaciona-se ao desenvolvimento da plântula e compõe o denominado perisperma

(Werker 1997). A presença do nucelo nas espécies de *Chamaecrista* estudadas, porém, não constitui perisperma, visto que não há acúmulo de substâncias nutritivas nesse tecido. Sua proliferação durante a ontogênese seminal restringe-se às fases iniciais do desenvolvimento e sua absorção ocorre apenas parcialmente. Como é típico das Caesalpinioideae da tribo Cassieae, as reservas nutritivas dessas sementes encontram-se no endosperma e no embrião. Nas sementes analisadas, tanto endosperma quanto embrião mostram-se ricos em proteínas e lipídios. Tais reservas parecem estar associadas a garantir a nutrição da plântula e planta jovem durante o estabelecimento em regiões de solo pobre em nutrientes, como o encontrado no cerrado e outras áreas onde as espécies de *Chamaecrista* aparecem com caráter invasor.

A morfologia do embrião das espécies estudadas é característica das Caesalpinioideae, conforme referido por Corner (1951, 1976), Gunn (1981) e Barroso *et al.* (1999). O maior destaque é a presença de coléteres axilares aos cotilédones de *Chamaecrista*, descrita primeiramente por De-Paula & Oliveira (2006b), que parece estar relacionada à proteção da plúmula contra a desidratação.

#### AGRADECIMENTOS

Ao M.Sc. Rubens Teixeira Queiroz, pela identificação das plantas e à FAPESP, Programa BIOTA (proc. nº 00/12469-3), pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa, Editora UFV.
- BOELCKE, O. 1946. Estudio morfológico de las semillas de las Leguminosas Mimosoideas y Caesalpinioideas de interés agronómico en la Argentina. *Darwiniana* 7: 240-321.
- BRETELER, F.J. 1995. The boundary between Amherstieae and Detarieae (Caesalpinioideae). *In* Advances in legume systematics, part 7, Phylogeny (M.D. Crisp and J.J., eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p.53-61.
- CORNER, E.J.H. 1951. The leguminous seed. *Phytomorphology* 1: 117-150.
- CORNER, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. 2v. Cambridge, University Press.
- CRESTANA, C.M. & BELTRATI, C.M. 1988. Morfologia e anatomia das sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Naturalia* 13: 45-54.
- DE-PAULA, O.C. & OLIVEIRA, D.M.T. 2006a. Anatomia do tecido sub-hilar de sementes de três espécies de *Chamaecrista* Moench (Fabaceae: Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Biociências*. (no prelo).

- DE-PAULA, O.C. & OLIVEIRA, D.M.T. 2006b. Ocorrência de coléteres de três espécies de *Chamaecrista* Moench (Fabaceae: Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Biociências*. (no prelo).
- DESHPANDE, P.K. & UNTAWALE, A.G. 1971. Development of seed and fruit in *Indigofera enneaphylla* L. *Botanical Gazette* 132: 96-102.
- EAMES, A.J. 1961. *Morphology of the Angiosperm*. McGraw-Hill, New York.
- EAMES, A.J. & MacDANIELS, L.H. 1947. *An introduction to plant anatomy*. McGraw-Hill, New York.
- GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. *In* *Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.913-926.
- HAMLBY, D.H. 1932. Softening of the seeds of *Melilotus alba*. *Botanical Gazette* 93: 345-375.
- HYDE, E.O.C. 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Annals of Botany* 18: 241-256.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1976. Nomenclatural notes on *Cassia* Linnaeus (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Brittonia* 28: 435-442.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1981. Tribe 2. Cassieae Bronn (1822). *In* *Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.97-106.
- JENSEN, W.A. 1962. *Botanical histochemistry: principles and practice*. San Francisco, W.H. Freeman.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A. & STEVENS, P.F. 1999. *Plant Systematics: a phylogenetic approach*. Sunderland, Sinauer Associates.
- LEWIS, G., SCHRIRE, B., MACKINDER, B. & LOCK, M. (eds.). 2005. *Legumes of the world*. Kew, Royal Botanic Gardens.
- LORENZI, H. 2000. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas parasitas e tóxicas*. 3.ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- MANNING, J.C. & VAN STADEN, J. 1987. The functional differentiation of the testa in seed of *Indigofera parviflora* (Leguminosae: Papilionoideae). *Botanical Gazette* 148: 23-34.
- 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*

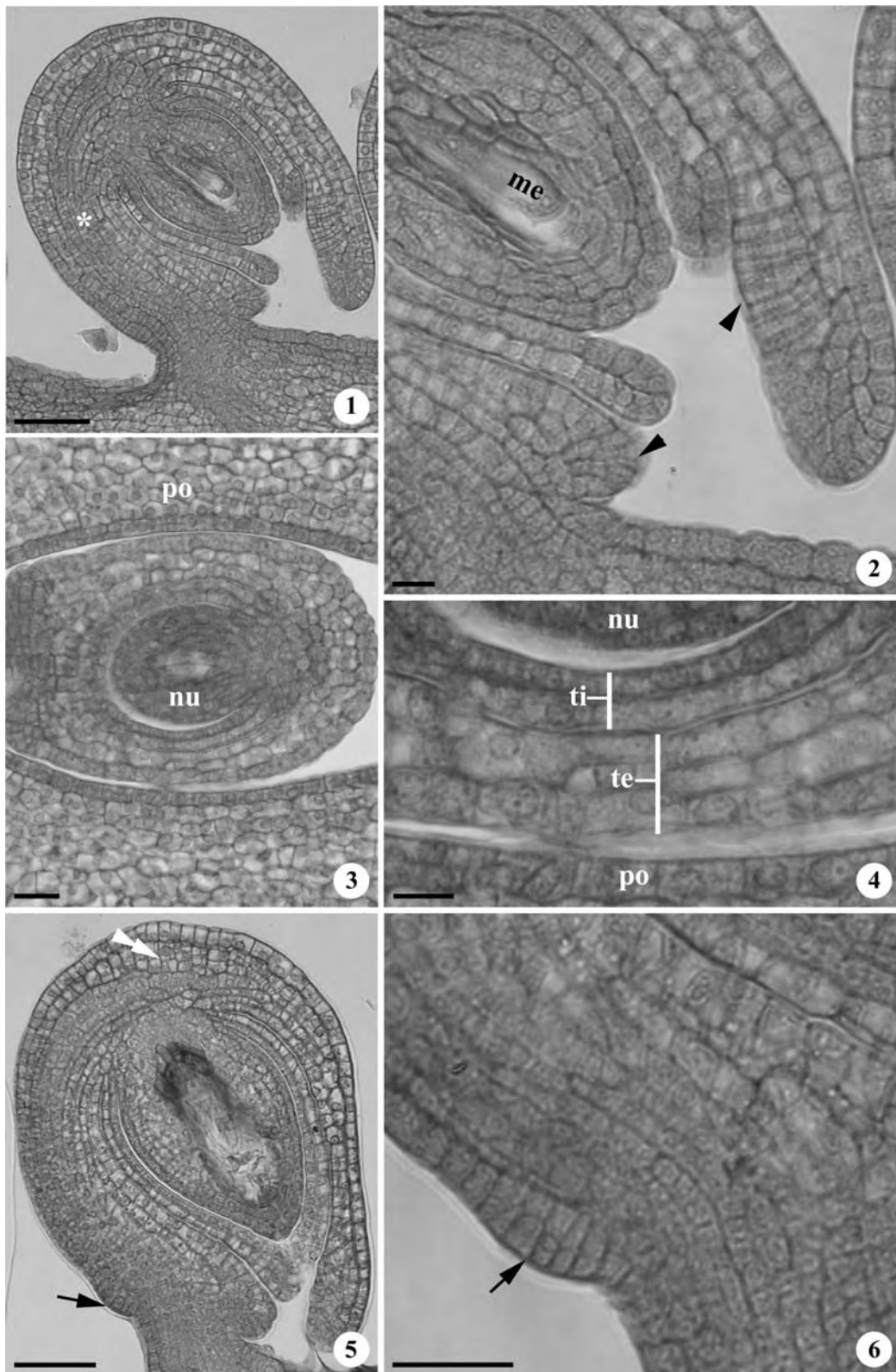
- Botânica 24: 109-121.
- MAZIA, J.C., BREMER, P.A. & ALFERT, M. 1953. The cytochemical staining and measurement of protein with mercuric bromophenol blue. *Biological Bulletin* 110: 57-67.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S. & NOGUEIRA, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Brasília, Embrapa – CPAC. p.288-556.
- NETOLITZKY, F. 1926. *Anatomie der Angiosperm-Samen*. Berlin, Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- O'BRIEN, T.P., FEDER, N. & MCCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59: 368-373.
- OLIVEIRA, D.M.T. & BELTRATI, C.M. 1993. Aspectos anatômicos dos frutos e sementes em desenvolvimento de *Inga fagifolia* (Fabaceae: Mimosoideae). *Revista Brasileira de Biologia* 53: 625-636.
- 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.
- PITOT, A. 1935a. Le tegument des graines de Legumineuses. *Bulletin de la Societe Botanique de France* 82: 307-308.
- PITOT, A. 1935b. Le development du tegument des graines de Legumineuses. *Bulletin de la Societe Botanique de France* 82: 311-314.
- POLHILL, R.M & RAVEN, P.H. 1981. *Advances in legume systematics*. 2v. Kew, Royal Botanic Gardens.
- ROSENTHAL, G.A. & JANZEN, D.H. 1979. *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. New York, Academic Press.
- ROTH, I. 1977. *Fruits of Angiosperms*. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- SASS, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. Ames, Iowa State University.
- SOUZA, L.A. 1977. Anatomia do tegumento das sementes de *Cassia cathartica* Mart. (Leguminosae). *Ciência e Cultura* 34: 71-74.
- SOUZA, L.A. 1988. Anatomia de estádios de desenvolvimento da semente de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. (Leguminosae - Faboideae). *Garcia de Orta, Serie de Botânica* 10: 1-9.
- STERLING, C. 1954. Development of the secondary walls in the palisade cells of the seed

- coat of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). Bulletin of the Torrey Botanical Club 81: 271-287.
- SWAIN, T. 1979. Tanins and lignins. In Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites (G.A. Rosental & D.H. Jansen, eds.). New York, Academic Press. p.657-674.
- TAKAO, A. 1962. Histochemical studies on the formation of some leguminous seeds. Japanese Journal of Botany 18: 55-72.
- TRAN, V.N. 1979. Effects of microwave energy on the strophiole, seed coat and germination of *Acacia* seeds. Australian Journal of Plant Physiology 6: 277-287.
- WERKER, E. 1997. Seed anatomy. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- WERKER, E., DAFNI, A. & NEIGBI, M. 1973. Variability in *Prosopis farcata* in Israel: anatomical features of the seed. Botanical Journal of the Linnean Society 66: 223-232.

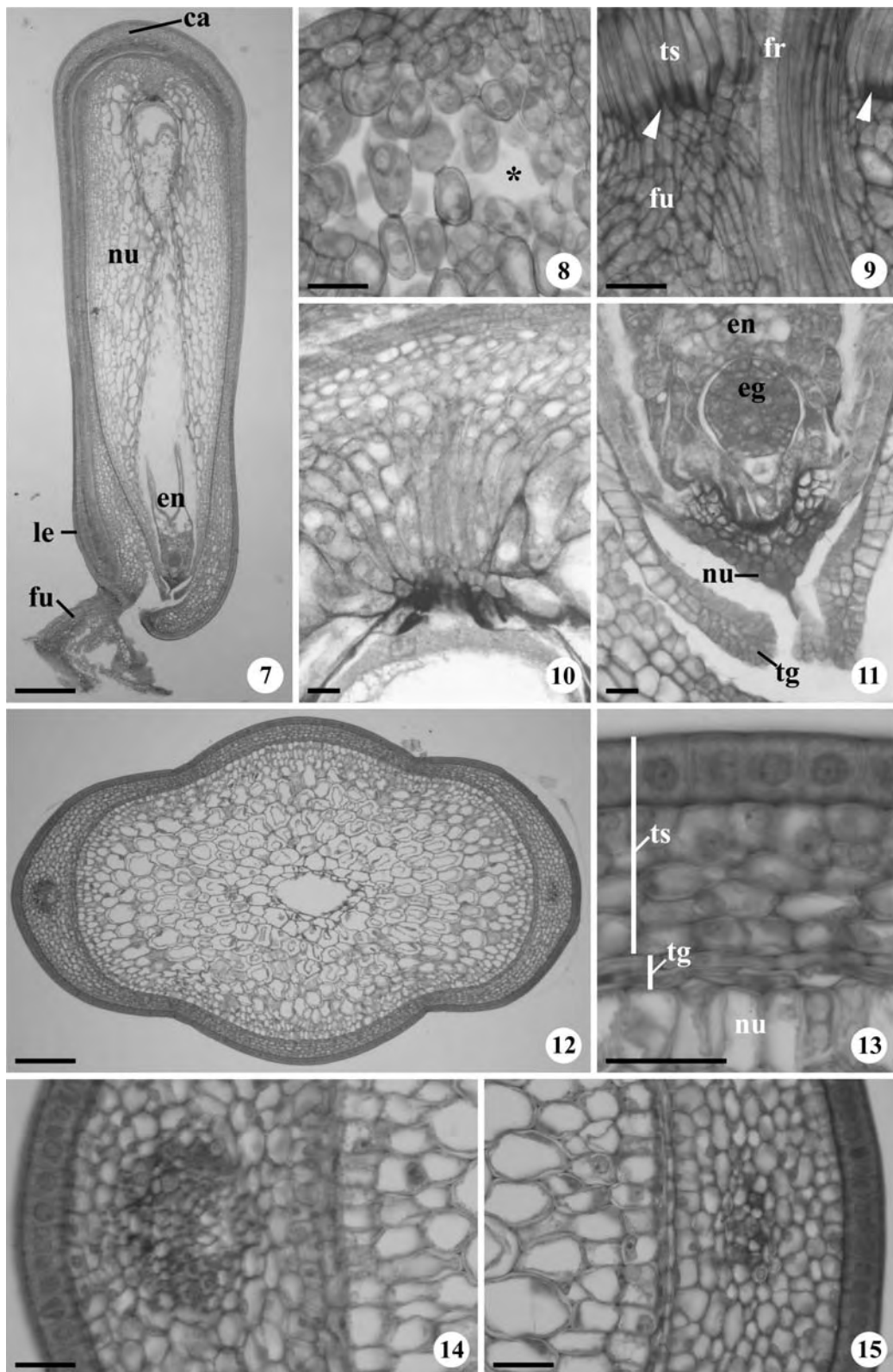


## **Ilustrações**

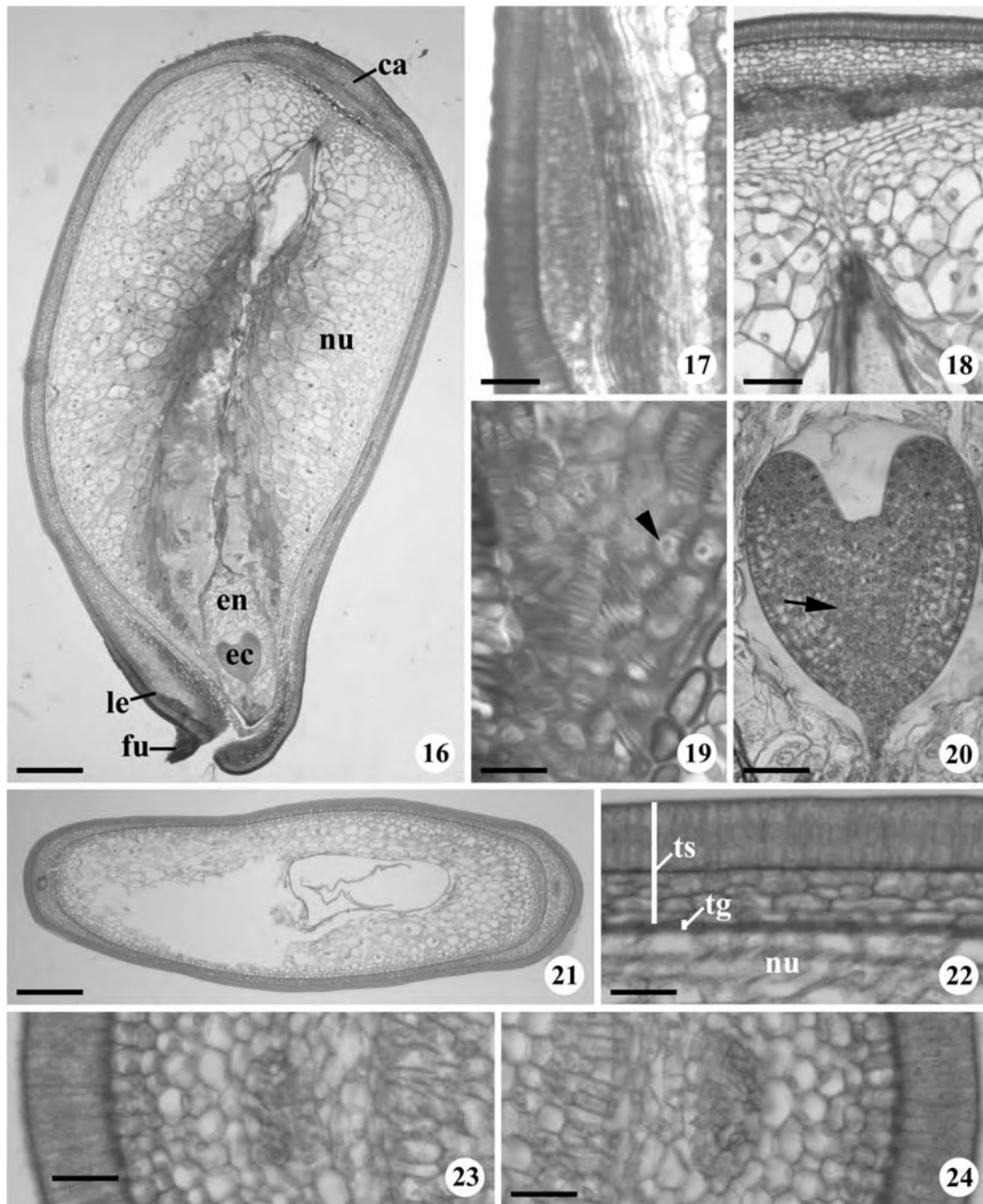
Figuras 1-6. Início do desenvolvimento das sementes de *Chamaecrista*. Secções longitudinais (1-2, 5-6), secções transversais (3-4). 1-2. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 1. Aspecto geral do óvulo retido em ovário de flor em pré-antese, mostrando a vascularização composta por um cordão procambial (asterisco). 2. Detalhe da região micropilar mostrando a não coincidência da exóstoma e endóstoma; notar as numerosas divisões celulares (ponta de seta) ainda ampliando o tegumento externo e reduzido a dimensão do poro. 3-4. *Chamaecrista flexuosa*. 3. Aspecto geral do óvulo inserido no ovário da flor em pré-antese. 4. Detalhe da figura anterior. 5-6. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 5. Aspecto geral da semente em início do desenvolvimento (fase pós-antese), destacando as primeiras divisões ocorrentes na região rafeal (seta) e na região calazal (dupla ponta de seta). 6. Detalhe da figura anterior, enfatizando o primórdio de lente (seta). (me: megagametofito, nu: nucele, po: parede ovariana, te: tegumento externo, ti: tegumento interno). Barras: 50  $\mu\text{m}$  (1, 5), 25  $\mu\text{m}$  (2-3, 4), 10  $\mu\text{m}$  (6).



Figuras 7-15. Semente jovem de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*, durante o estágio de alongamento e diferenciação celular. Secções longitudinais (7-11). Secções transversais (12-15). 7. Vista geral. 8. Detalhe do funículo, evidenciando espaços intercelulares (asterisco). 9. Detalhe da região hilar, mostrando a zona de abscisão do funículo (ponta de seta). 10. Detalhe da região calazal. 11. Detalhe da região micropilar, mostrando o embrião em estágio globular. 12. Região mediana. 13. Lateral da semente, detalhando o início de diferenciação da testa. 14. Detalhe da região rafeal. 15. Detalhe da região anti-rafeal, com uma extensão pós-calazal. (ca: calaza, eg: embrião globular, en: endosperma, fr: feixe rafeal, fu: funículo, le: lente, nu: nucelo, tg: tégmen, ts: testa). Barras: 200  $\mu\text{m}$  (7), 100  $\mu\text{m}$  (12), 25  $\mu\text{m}$  (8-11, 13-15).

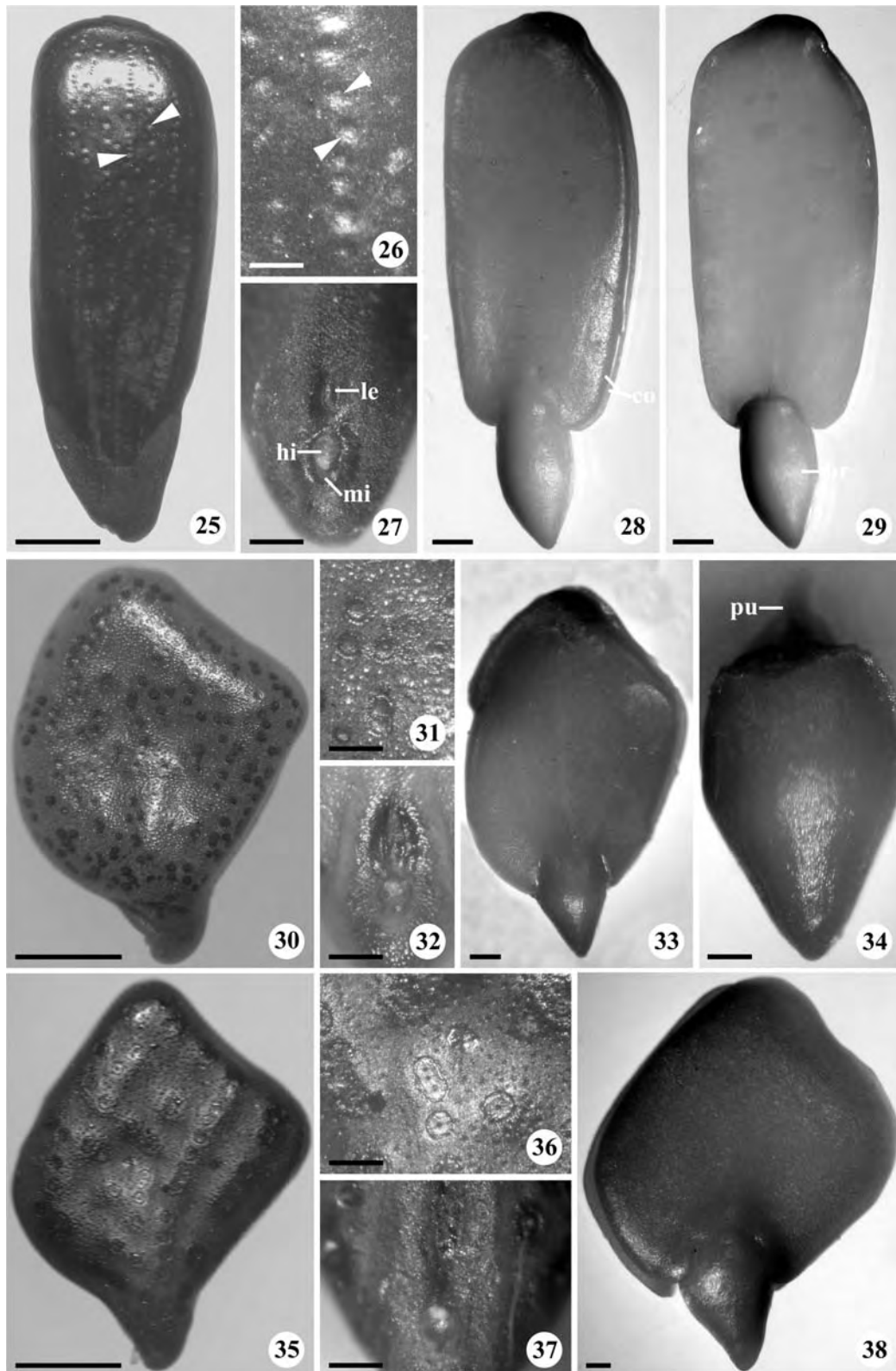


Figuras 16-24. Semente imatura de *Chamaecrista flexuosa* e *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*, durante o estágio de alongamento e diferenciação celular. Secções longitudinais (16-20). Secções transversais (21-24). 16-20. *Chamaecrista flexuosa*. 16. Aspecto geral. 17. Detalhe da região da lente. 18. Detalhe da região calazal. 19. Detalhe do tecido sub-hilar com as células traqueoidais (ponta de seta). 20. Detalhe do embrião cordiforme evidenciando o início de diferenciação do procâmbio (seta). 21-24. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 21. Vista geral na região mediana. 22. Detalhe da lateral da semente, mostrando o início do desenvolvimento da testa. 23. Região rafeal. 24. Região anti-rafeal. (ca: calaza, fu: funículo, le: lente, nu: nucelo, tg: tégmen, ts: testa). Barras: 200  $\mu\text{m}$  (16, 21), 100  $\mu\text{m}$  (18), 50  $\mu\text{m}$  (17, 19-20), 25  $\mu\text{m}$  (22-24).

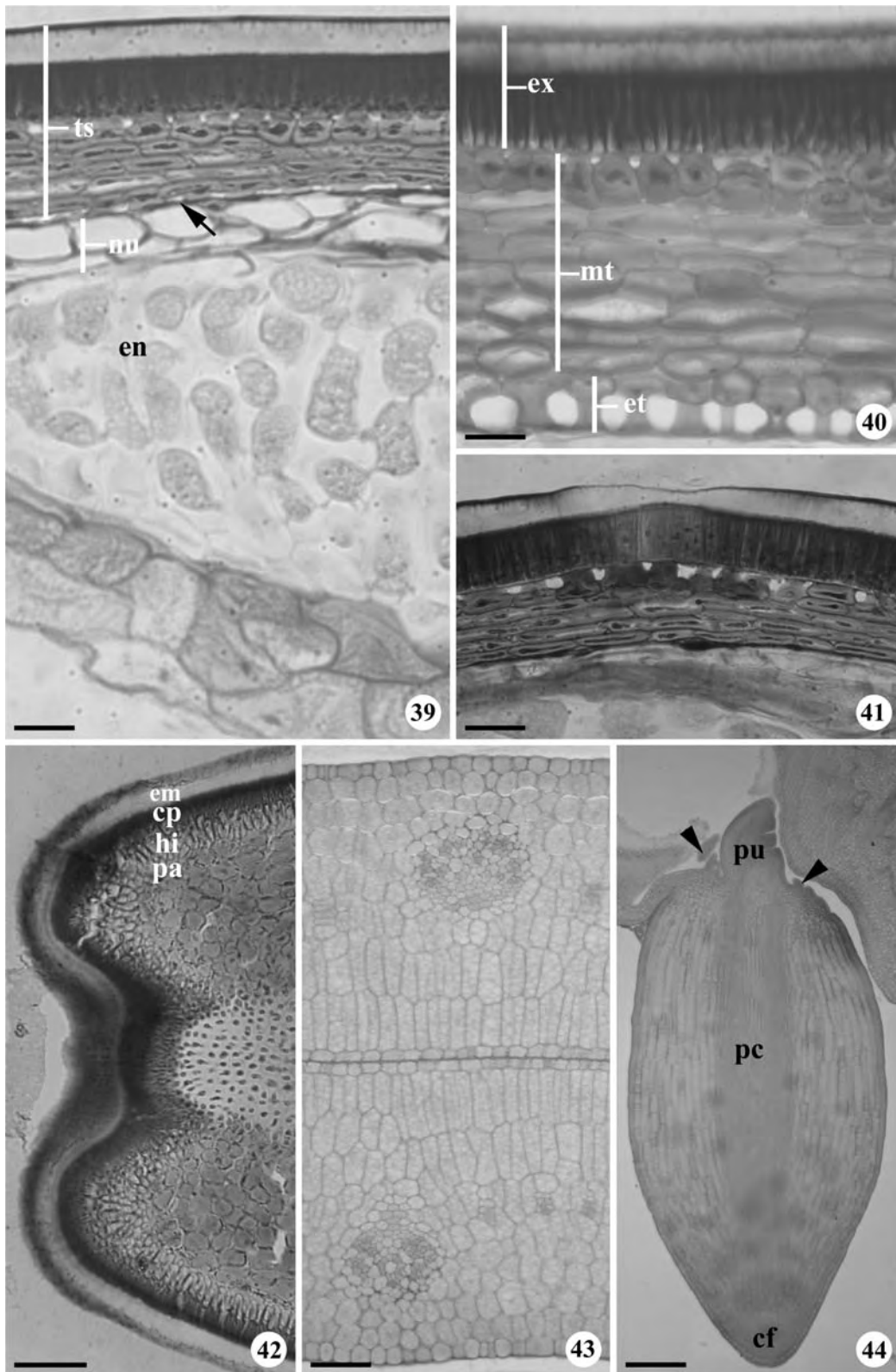


Figuras 25-38. Sementes maduras de *Chamaecrista*. 25-29. *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. 25. Aspecto geral da semente. 26. Detalhe do tegumento evidenciando os pleurogramas (ponta de seta). 27. Detalhe da região micropilar. 28. Vista geral do embrião. 29. Vista geral do embrião após a remoção de um dos cotilédones. 30-34. *Chamaecrista flexuosa*. 30. Aspecto geral da semente. 31. Detalhe do tegumento evidenciando os pleurogramas. 32. Detalhe da região micropilar. 33. Vista geral do embrião. 34. Detalhe do eixo hipocótilo-radicular evidenciando a plúmula. 35-38. *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. 35. Aspecto geral da semente. 36. Detalhe do tegumento evidenciando os pleurogramas. 37. Detalhe da região micropilar. 38. Vista geral do embrião. (co: cotilédones, hi: hilo, hr: eixo hipocótilo-radícula, le: lente, mi: micrópila, pl: plúmula). Barras: 1 cm (25, 30, 35), 500  $\mu$ m (28-29), 200  $\mu$ m (26-27, 31-32, 36-37), 100  $\mu$ m (33, 34, 38).

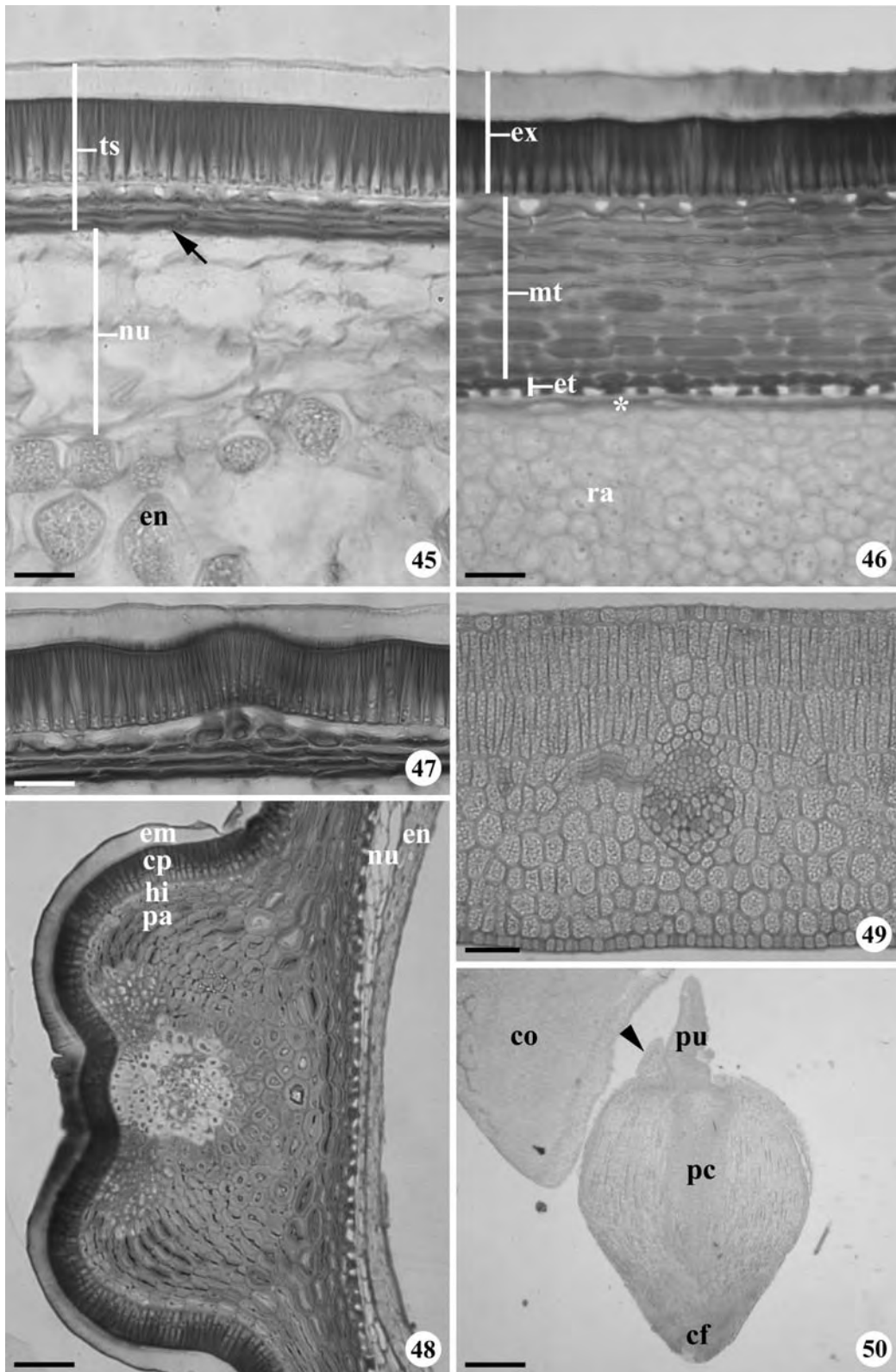




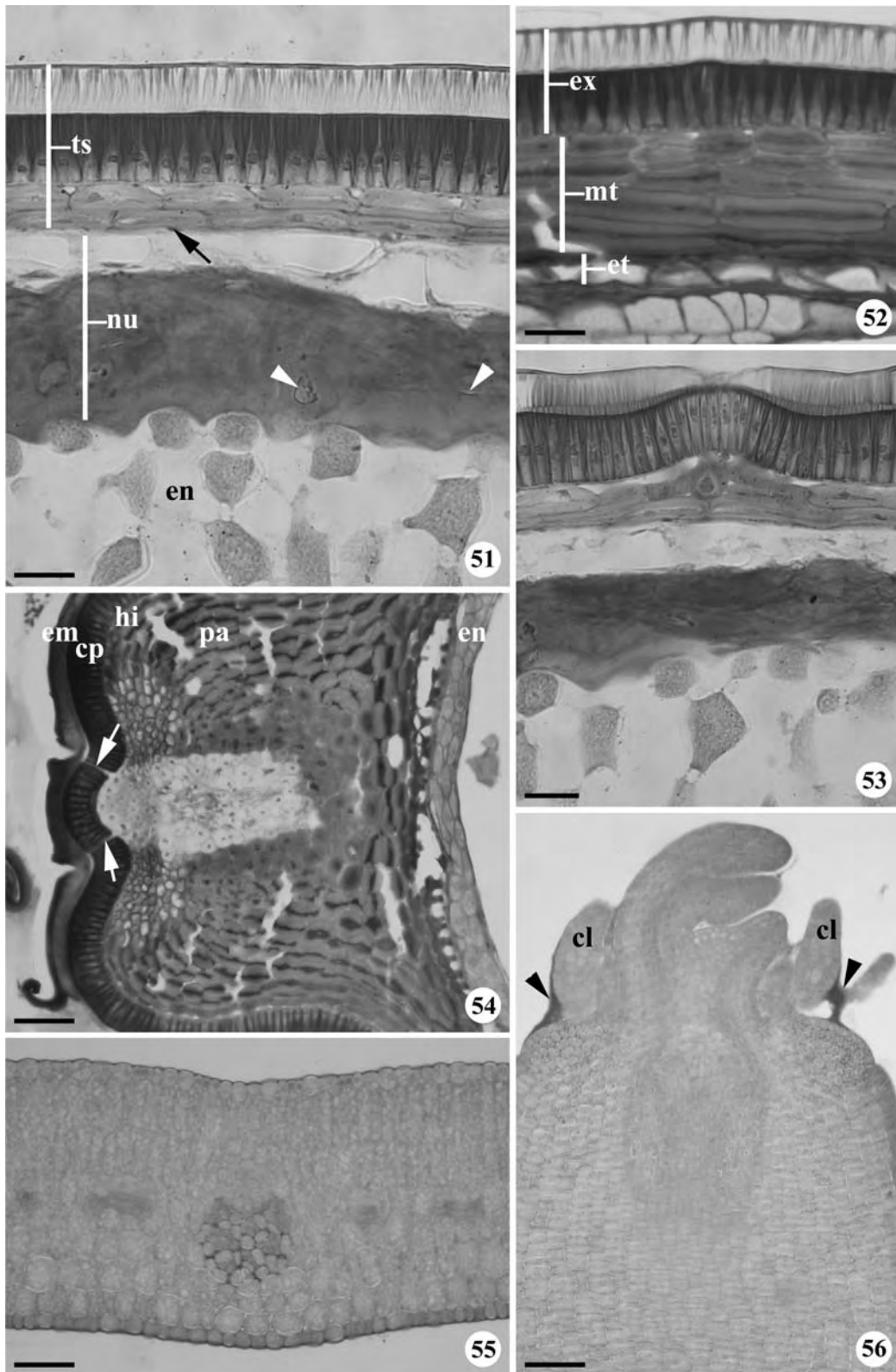
Figuras 39-44. Semente madura de *Chamaecrista desvauxii* var. *latistipula*. Secção longitudinal (43). Secções transversais (39-42, 44). 39. Aspecto da região lateral, ilustrando a testa, o tégmen residual (seta), nucelo e endosperma. 40. Detalhe do tegumento próximo à micrópila, onde a endotesta é diferenciada em células ampulheta. 41. Detalhe de um pleurograma. 42. Detalhe da lente. 43. Detalhe dos cotilédones. 44. Aspecto do eixo hipocótilo-radícula, apresentando cóleteres axilares aos cotilédones e próximos à plúmula (pontas de seta). (cf: coifa, cp: camada paliçádica, em: estrato mucilaginoso, en: endosperma, et: endotesta, ex: exotesta, hi: hipoderme, mt: mesotesta, nu: nucelo, pa: parênquima, pc: procâmbio, pu: plúmula, ts: testa). Barras: 200 µm (43), 50 µm (42, 44), 25 µm (39-41).



Figuras 45-50. Semente madura de *Chamaecrista flexuosa*. Secção longitudinal (50). Secções transversais (45-49). 45. Aspecto da lateral, ilustrando a testa com o tégmen residual (seta), nucelo e endosperma. 46. Detalhe do tegumento próximo à micrópila, onde a endotesta é diferenciada em células em ampulheta, mostrando resíduos de tégmen, nucelo e endosperma (asterisco). 47. Detalhe de um pleurograma. 48. Detalhe da lente. 49. Detalhe dos cotilédones. 50. Aspecto do eixo hipocótilo-radícula, apresentando coléteres axilares aos cotilédones e próximos à plúmula (ponta de seta). (cf: coifa, co: cotilédone, cp: camada paliádica, em: estrato mucilaginoso, en: endosperma, et: endotesta, ex: exotesta, hi: hipoderme, mt: mesotesta, nu: nucelo, pa: parênquima, pc: procâmbio, pu: plúmula, ra: radícula, ts: testa). Barras: 200 µm (49), 50 µm (48, 50), 25 µm (45-47).



Figuras 51-56. Semente madura de *Chamaecrista nictitans* var. *patellaria*. Secção longitudinal (56). Secções transversais (51-55). 51. Aspecto da região lateral, ilustrando a testa seguida pelo tégmem residual (seta), nucelo com cristais (ponta de seta) e endosperma. 52. Detalhe do tegumento próximo à micrópila, onde a exotesta é diferenciada em ampulheta. 53. Detalhe de um pleurograma. 54. Detalhe da lente, evidenciando o rompimento de tegumento (seta). 55. Detalhe dos cotilédones. 56. Aspecto do eixo hipocótilo-radícula, apresentando cóleteres axilares aos cotilédones e próximos à plumula com secreção péctica (ponta de seta). (cl: coléteres, em: estrato mucilaginoso, en: endosperma, et: endotesta, ex: exotesta, hi: hipoderme, mt: mesotesta, nu: nucelo, pa: parênquima, cp: camada paliçádica, ra: radícula, ts: testa). Barras: 50 µm (54, 56), 25 µm (51-53), 10 µm (55).



## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A partir do trabalho aqui apresentado, podem ser destacados quatro pontos principais:

- Estudos sobre frutos e sementes são escassos e ainda há muitos aspectos sem esclarecimento. Os relatos de pleurogramas múltiplos, das células traqueoidais sub-hilares e dos coléteres em embriões de *Chamaecrista*, registros inéditos para a ciência, ilustram a importância de estudos estruturais.
- Órgãos reprodutivos fornecem subsídios para estudos taxonômicos, evolutivos e ecológicos.
- Investigações experimentais detalhadas sobre a função do pleurograma, das células traqueoidais sub-hilares e de coléteres na estrutura seminal são necessárias e a literatura é muito carente nesses aspectos.
- Em *Chamaecrista*, observa-se a prevalência de investimento de recursos na estrutura da semente em comparação com o pericarpo. Destacam-se, principalmente, os investimentos relacionados a garantir o sucesso da germinação, o que explica, em parte, a grande ocorrência das três espécies nas áreas utilizadas para coleta.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- APG II (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP). 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders on families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.
- ASHTON, F.M. 1976. Mobilization of storage protein of seeds. *Annual Review of Plant Physiology* 27: 95-117.
- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa, Editora UFV.
- BOELCKE, O. 1946. Estudio morfológico de las semillas de las Leguminosas Mimosoideas y Caesalpinioideas de interés agronómico en la Argentina. *Darwiniana* 7: 240-321.
- BRAVATO, M. 1974. Estudio morfológico de frutos e semillas de las Mimosoideae (Leguminosae) de Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica* 9: 317-361.
- BRETELER, F.J. 1995. The boundary between Amherstieae and Detarieae (Caesalpinioideae). *In* *Advances in legume systematics, part 7, Phylogeny* (M.D. Crisp and J.J., eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p.53-61.
- BRUNEAU, A., FOREST, F., HERENDEEN, P.S., KLITGAARD, B.B. & LEWIS, G.P. 2001. Phylogenetic relationships in the Caesalpinioideae (Leguminosae) as inferred from chloroplast *trnL* intron sequences. *Systematic Botany* 26: 487-514.
- CAPITAINE, L. 1912. *Les Graines des Légumineuses*. Paris, Emile Larose.
- CARMELLO-GUERREIRO, S.M. 1996. Morfologia, anatomia e desenvolvimento dos frutos, sementes e plântulas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem. e *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- CASTRO, A.A.J.F., MARTINS, F.R., TAMASHIRO, J.Y. & SHEPHERD, G.J. 1999. How rich is the flora of brazilian cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86: 192-224.
- CAVANAGH, T. 1980. A review of some aspects of seed germination of acacias. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 91: 161-180.
- CAVASSAN, O. 1990. Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CESAR, O. 1988. Composição florística, fitossociológica e ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua (Fazenda Barreiro Rico, mun. Anhembí, SP). Tese de Livre

Docência, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

- COMPTON, R.H. 1912. An investigation of the seedling structure in the Leguminosae. The Journal of the Linnean Society of London Botany 41: 1-122.
- CONCEIÇÃO, A.S., GIULIETTI, A.M. & QUEIROZ, L.P. 2003. O gênero *Chamaecrista* Moench (Leguminosae-Caesalpinioideae) em Catolés, Abaíra, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Sitientibu Série Ciências Biológicas 3: 81-108.
- CORNER, E.J.H. 1951. The leguminous seed. Phytomorphology 1: 117-150.
- CORNER, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. 2v. Cambridge, University Press.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de cerrado. Revista Brasileira de Botânica 1: 17-24.
- CRESTANA, C.M. & BELTRATI, C.M. 1988. Morfologia e anatomia das sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). Naturalia 13: 45-54.
- CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, Columbia University.
- DAHLGREN, R.M.T. 1983. General aspects of angiosperm evolution and macrosystematics. Nordic Journal of Botany 3: 119-149.
- DE CANDOLE, A.P. 1825. Mémoires sur la Famille des Légumineuses. Paris, A. Berlin *apud*
- GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. In Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.913-926.
- DE FARIA, S.M., LEWIS G.P., SPRENT J.I. & SUTHERLAND J.M. 1989. Occurrence of nodulation in the Leguminosae. New Phytologist 111: 607-619.
- DESHPANDE, P.K. & UNTAWALE, A.G. 1971. Development of seed and fruit in *Indigofera enneaphylla* L. Botanical Gazette 132: 96-102.
- DICKISON, W.C. 1981. The evolutionary relationships of the Leguminosae. In Advances in Legume Systematics, part 1 (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p.35-54.
- DOYLE, J.J., CHAPPILL, J.A., BAILEY, C.D. & KAJITA, T. 2000. Towards a comprehensive phylogeny of legumes: evidence from *rbcL* sequences and non-molecular data. In Advances in legume systematics. Part 9 (P. Herendeen & P.H. Bruneau, eds.). Kew, Crown Copyright. p.1-20.
- DOYLE, J.J., DOYLE, J.L., BALLENGER, J.A., DICKSON, E.E., KAJITA, T. & OHAXHI, H. 1997. A phylogeny of the chloroplast *rbcL* in the Leguminosae: taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation. American Journal of Botany 84: 541-554.

- DUDIĆ, N.M. 1981. Morphology of the pods of Leguminales (Fabales). *In* Advances in legume systematics. Part 2 (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.897-901.
- DURIGAN, G., BAITELLO, J.B., FRANCO, G.A.D.C. & SIQUEIRA, M.F. 2004. Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo, Páginas & Letras Editora e Gráfica.
- EAMES, A.J. 1961. Morphology of the Angiosperm. McGraw-Hill, New York.
- EAMES, A.J. & MacDANIELS, L.H. 1947. An introduction to plant anatomy. McGraw-Hill, New York.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38: 201-341.
- ESAU, K. 1974. Anatomia de plantas com sementes. Edgard Blücher, São Paulo.
- FAHN, A. 1990. Plant anatomy. 4th ed. Pergamon Press, Oxford.
- FAHN, A. & CUTLER, D.F. 1992. Xerophytes. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- FAHN, A. & ZOHARY, M. 1955. On the pericarpial structure of the legumen, its evolution and relation to dehiscence. *Phytomorphology* 5: 99-111.
- FERRI, M.G. 1980. Vegetação brasileira. Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo, EDUSP.
- GAERTNER, J. 1688. De fructibus et seminibus plantarum. v.I. *apud* ROTH, I. 1977. Fruits of Angiosperms. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1988. Evolution of flower structures and pollination in neotropical Cassiinae (Caesalpinioideae) species. *Phyton* (Austria) 28: 293-320.
- GUNN, C.R. 1981. Seeds of the Leguminosae. *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.913-926.
- GUNN, C.R. 1984. Fruits and seeds of genera in the subfamily Mimosoideae (Fabaceae). *Technical Bulletin* 1681: 1-194.
- HAMLIN, D.H. 1932. Softening of the seeds of *Melilotus alba*. *Botanical Gazette* 93: 345-375.
- HEYNE, C.C. 1968. An evolution study of fruit morphology in the tribe Trigonelleae (Leguminosae). *Phytomorphology* 18: 54-59.
- HYDE, E.O.C. 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Annals of Botany* 18: 241-256.
- HUECK, K. 1978. Los bosques de Sudamérica. Eschborn, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica.

- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1976. Nomenclatural notes on *Cassia* Linnaeus (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Brittonia* 28: 435-442.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1981. Tribe 2. Cassieae Bronn (1822). *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.97-106.
- IRWIN, H.S. & BARNEBY, R.C. 1982. The American Cassiinae. A synoptical revision of Leguminosae tribe Cassieae subtribe Cassiinae in New World. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 35: 1-918.
- ISELY, D. 1955. Observations on seeds of the Leguminosae: Mimosoideae and Caesalpinioideae. *Proceedings of the Iowa Academy of Science* 62: 142-145.
- JOLY, A.B. 1970. Conheça a vegetação brasileira. São Paulo, Polígono, EDUSP.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A. & STEVENS, P.F. 1999. *Plant Systematics: a phylogenetic approach*. Sunderland, Sinauer Associates.
- JÚLIO, P.G.S. 2004. Morfologia e anatomia de frutos e sementes de *Styrax camporum* Pohl. (Styracaceae), espécie de cerrado do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- KAJITA, T., OHASHI, H., TATEISHI, Y., BAILEY, C.D. & DOYLE, J.J. 2001. *RbcL* and legume phylogeny, with particular reference to Phaseoleae, Millettieae, and allies. *Systematic Botany* 26: 515-536.
- KIRKBRIDE, J.H.Jr., GUNN, C.R. & RITCHIE, C.A. 1994. Seed and fruit phylogenies of Caesalpinioideae and Mimosoideae (Fabaceae) and their tribes. *In* Advances in legume systematics 6: Structural Botany (I.K. Ferguson & S.C. Tucker, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p.117-140.
- LAVIN, M., HERENDEEN, P. & WOJCIECHOWSKI, M. F. 2005. Evolutionary rates analysis of Leguminosae implicates a rapid diversification of lineages during the Tertiary. *Systematic Biology* 54: 530-549.
- LEWIS, G., SCHRIRE, B., MACKINDER, B. & LOCK, M. (eds.). 2005. *Legumes of the world*. Kew, Royal Botanic Gardens.
- LIMA, H.C. 1989-1990. 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.
- LIMA, M.P.M. 1985. Morfologia dos frutos e sementes dos gêneros da tribo Mimosaceae (Leguminosae-Mimosaceae), aplicada a sistemática. *Rodriguésia* 37: 53-78.

- LORENZI, H. 2000. Plantas Daninhas do Brasil: Terrestres, Aquáticas, Parasitas e Tóxicas. 3.ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- MANNING, J.C. & VAN STADEN, J. 1987. The functional differentiation of the testa in seed of *Indigofera prvilflora* (Leguminosae: Papilionoideae). *Botanical Gazette* 148: 23-34.
- 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.
- MARTINS, M.A. 2006. Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de *Vernonia brevifolia* Less. e *V. herbacea* (Vell.) Rusby (Asteraceae). Dissertação de Mestrado, 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.). Brasília, Embrapa – CPAC. p.288-556.
- NAKAMURA, A.T. 2003. Morfologia e anatomia de frutos e sementes de 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* Vog. (Fabaceae: Faboideae). *Revista Brasileira de Botânica* 28: 375-378.
- NETOLITZKY, F. 1926. Anatomie der Angiosperm-Samen. Berlin, Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- NITSCH, J.P. 1953. The physiology of fruit growth. *Annual Review of Plant Physiology* 4: 199-236.
- OLIVEIRA, D.M.T. 1999. Morfologia de plântulas e plantas jovens de 30 espécies arbóreas de Leguminosae. *Acta Botanica Brasilica* 13: 263-269.
- OLIVEIRA, D.M.T. & BELTRATI, C.M. 1993. Aspectos anatômicos dos frutos e sementes em desenvolvimento de *Inga fagifolia* (Fabaceae: Mimosoideae). *Revista Brasileira de Biologia* 53: 625-636.
- 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* (Fabaceae: Caesalpinioideae). *Australian Journal of Botany* 52: 677-683.
- PATE, J.S. & KUO, J. 1981. Anatomical studies of legume pods – a possible tool in taxonomic research. *In Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.903-912.
- PINTO, D.D. 2005. Morfologia e ontogênese do fruto e semente de *Dalbergia miscolobium* Benth. e *Machaerium acutifolium* Vog. (Fabaceae: Faboideae). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- PITOT, A. 1935a. Le tegument des graines de Legumineuses. *Bulletin de la Societe Botanique de France* 82: 307-308.
- PITOT, A. 1935b. Le development du tegument des graines de Legumineuses. *Bulletin de la Societe Botanique de France* 82: 311-314.
- POLHILL, R.M., RAVEN, P.H. & STIRTON, C.H. 1981. Evolution and systematics of the Leguminosae. *In Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Crown Copyright. p.27-34.
- FAHN, A. 1990. *Plant anatomy*. 4th ed. Pergamon Press, Oxford.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223-230.
- RIZZINI, C.T. 1976. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. São Paulo, HUCITEC, EDUSP.
- ROTH, I. 1977. *Fruits of Angiosperms*. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- SAHAI, K. 1999. Structural diversity in the lens of the seeds of some *Cassia* L. (Caesalpinioideae) species and its taxonomic significance. *Phytomorphology* 49: 203-208.
- SAHAI, K. 2001. Anatomical variability in seed coat of some *Cassia* L. (Caesalpinioideae) species with taxonomic significance. *Taiwania* 46: 158-166.
- SAHAI, K., KAUR, H. & PAL, A. 1997. Macro, and micromorphological seed characteristics of some *Cassia* species and their taxonomic significance. *Phytomorphology* 47: 273-279.
- 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. São Paulo, Instituto Florestal. (Boletim Técnico nº 11).
- SMITH, D.L. 1981. Cotyledons of the Leguminosae. *In Advances in Legume Systematics*, v.2 (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p.927-940.

- SOLTIS, D.E., SOLTIS, P.S., CHASE, M.W., MORT, M.E., ALBACH, D.C., ZANIS, M., SAVOLAINEN, V., HAHN, W.H., HOOT, S.B., FAY, M.F., AXTELL, M., SWENSEN, S.M., PRINCE, L.M., KRESS, W.J., NIXON, K.C. & FERRIS, J.S. 2000. Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, *rbcL*, and *atpB* sequences. *Botanical Journal of the Linnean Society* 133: 381-461.
- 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.
- SOUZA, L.A. 1977. Anatomia do tegumento das sementes de *Cassia cathartica* Mart. (Leguminosae). *Ciência e Cultura* 34: 71-74.
- SOUZA, L.A. 1984. Anatomia do desenvolvimento do pericarpo de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassler (Leguminosae - Faboideae). *Revista Unimar* 6: 5-19.
- SOUZA, L.A. 1988. Anatomia de estádios de desenvolvimento da semente de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. (Leguminosae - Faboideae). *Garcia de Orta, Serie de Botânica* 10: 1-9.
- SPJUT, R.W. 1994. A systematic treatment of fruit types. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 70: 1-182.
- SPRENT, J.I. 2000. Nodulation as a taxonomic tool. *In* *Advances in legume systematics* (P. S. Herendeen & A. Bruneau, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p. 21-43.
- STERLING, C. 1954. Development of the secondary walls in the palisade cells of the seed coat of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 81: 271-287.
- SURI, R.K. & DESHPANDE, P.K. 1981. Development of seeds in *Cassia absus* and *C. auriculata*. *Phytomorphology* 31: 40-47.
- TAKAO, A. 1962. Histochemical studies on the formation of some leguminous seeds. *Japanese Journal of Botany* 18: 55-72.
- THOMAS, V. 1991. Structural, functional and phylogenetic aspects of the colleter. *Annals of Botany* 68: 287-305.
- TOLEDO-FILHO, D.V., LEITÃO FILHO, H.F. & RODRIGUES, T.S. 1984. Composição florística de área de cerrado em Mogi-Mirim (SP). *Boletim Técnico Instituto Florestal* 38: 165-175.
- TRAN, V.N. 1979. Effects of microwave energy on the strophiole, seed coat and germination of *Acacia* seeds. *Australian Journal of Plant Physiology* 6: 277-287.

- TUCKER, S.C. 1996. Trends in evolution of floral ontogeny in *Cassia sensu stricto*, *Senna* and *Chamaecrista* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae: Cassiinae): a study in convergence. *American Journal of Botany* 83: 687-711.
- VAN DER PIJL, L. 1982. Principles of dispersal in higher plants. 3ed. Springer-Verlag, Berlin.
- VAUGHAN, J.G. 1970. The structure and utilization of oil seeds. London, Chapman & Hall.
- WHITTY, P.W., POWELL, W. & SPRENT, J.I. 1994. Molecular separation of genera in Cassiinae (Leguminosae), and analysis of variation in the nodulating species of *Chamaecrista*. *Molecular Ecology* 3: 507-515.
- WERKER, E. 1997. Seed anatomy. Berlin, Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie).
- WERKER, E., DAFNI, A. & NEIGBI, M. 1973. Variability in *Prosopis farcata* in Israel: anatomical features of the seed. *Botanical Journal of the Linnean Society* 66: 223-232.
- WOJCIECHOWSKI, M.F. 2003. Reconstructing the phylogeny of legumes (Leguminosae): an early 21<sup>st</sup> century perspective. *In Advances in Legume Systematics, part 10, Higher Level Systematics* (B.B. Klitgaard & A. Bruneau, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens. p.5-35.
- WOJCIECHOWSKI, M.F., LAVIN, M. & SANDERSON, M.J. 2004. A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many well-supported subclades within the family. *American Journal of Botany* 91: 1846-1862.
- ZORZETO, Z., FIORAVANTI, C. & FERRONI, M. 2003. A floresta renasce. *Pesquisa Fapesp* 91: 48-53.