

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARIA VITÓRIA SILVA DE GODOI

DESENVOLVIMENTO DA ANTERA DE *CARYOCAR BRASILIENSE* E SUA
IMPORTÂNCIA NA SISTEMÁTICA E EVOLUÇÃO DE MALPIGHIALES

UBERLÂNDIA – MG
DEZEMBRO – 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARIA VITÓRIA SILVA DE GODOI

DESENVOLVIMENTO DA ANTERA DE *CARYOCAR BRASILIENSE* E SUA
IMPORTÂNCIA NA SISTEMÁTICA E EVOLUÇÃO DE MALPIGHIALES

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de
Ciências Biológicas, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharelado.

Orientador: Orlando Cavalari de Paula

UBERLÂNDIA – MG
DEZEMBRO – 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DESENVOLVIMENTO DA ANTERA DE *CARYOCAR BRASILIENSE* E SUA
IMPORTÂNCIA NA SISTEMÁTICA E EVOLUÇÃO DE MALPIGHIALES

Monografia aprovada para a obtenção do título de
graduanda em Bacharelado no Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de Uberlândia
(MG) pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 05 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Orlando Cavalari de Paula
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Dr. Danilo Marques
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Me. Rafael de Oliveira Franca
Universidade Estadual de Maringá - UEM

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao programa de Iniciação Científica por proporcionar a oportunidade de realizar esse projeto, e a FAPEMIG, pela bolsa concedida durante a sua realização. Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. Orlando Cavalari de Paula, por toda atenção e paciência em compartilhar comigo seu conhecimento. Todo o seu acompanhamento foi essencial para a execução deste trabalho. Agradeço todo o pessoal do LAMOVI, principalmente ao Ruan, Marco Thulio e Rafael, por sempre me ajudarem de forma gentil no esclarecimento de alguma dúvida. Agradeço também aos meus familiares por todo o incentivo recebido e principalmente a minha tia Elisabeth, que é um exemplo na minha vida e esteve sempre pacientemente me ouvindo e me apoiando nos momentos difíceis. Agradeço especialmente às minhas migas Jéssica e Rafaela por estarem sempre dispostas a me ouvirem e por sempre acreditarem em mim. Por fim agradeço a todos os meus amigos da graduação pelos ótimos momentos vividos, principalmente aos meus queridos Rodolfo, Kassio e Nathália, por todas as conversas, conselhos e risadas.

SUMÁRIO

	página
Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Material e métodos	5
Resultados	6
Discussão	7
Referências bibliográficas	10
Figura	14
Tabela	16

RESUMO

Caryocaraceae é uma família neotropical que apresenta um histórico taxonômico complexo e atualmente está circunscrita entre as Malpighiales. Contudo, estudos moleculares ainda têm-se mostrados insuficientes para estabelecer as relações entre as famílias dentro da ordem. Hipóteses de que a embriologia e o desenvolvimento floral poderiam resolver essas relações têm sido levantadas, pois ambas podem ser utilizadas com êxito no agrupamento ou segregação de grupos em diversos níveis taxonômicos. Como a embriologia de Caryocaraceae e de mais 11 famílias de Malpighiales ainda é desconhecida, nosso estudo pretende diminuir parte dessas lacunas, estudando a embriologia da antera e do grão de pólen de Caryocaraceae. Para isso, ramos férteis de *Caryocar brasiliense* foram coletados nas imediações do município de Uberlândia, Minas Gerais. O material foi processado seguindo técnicas usuais de microscopia de luz e eletrônica de varredura. O desenvolvimento da parede de *C. brasiliense* é do tipo Dicotiledôneo, apresentado epiderme persistente, endotécio fibroso, uma camada média efêmera e tapete do tipo secretor. A citocinese é simultânea e origina tétrades tetraédricas. O grão de pólen é tricolporado, prolato esferoidal, com ornamentação reticulada e possui duas células no momento da dispersão. Nossos resultados mostraram que Caryocaraceae difere das demais famílias, principalmente, por apresentar desenvolvimento do tipo Dicotiledôneo. Futuramente pretendemos estudar o desenvolvimento do óvulo, a fim de acrescentar uma quantidade maior de dados que possam contribuir para o posicionamento de Caryocaraceae dentro de Malpighiales.

Palavras-chave: Anatomia. Androceu. Embriologia.

ABSTRACT

Caryocaraceae is a neotropical family with a complex taxonomic history and currently circumscribed inside Malpighiales. Notwithstanding, molecular studies have still not sufficient to establish family relationships within the order. As embryology and floral anatomy and development can be successfully used to solve taxonomic problems, hypotheses suggesting those studies could be helpful to Malpighiales circumscription has been raised. As the embryology of Caryocaraceae and 11 other Malpighiales families is still unknown, our study intends to narrow some of these gaps by studying the embryology of the anther and pollen grain of Caryocaraceae. For this, fertile branches of *Caryocar brasiliense* were collected in the nearness of the Uberlândia city, Minas Gerais. The material was processed using standard light microscopy and SEM techniques. The anther wall development of *C. brasiliense* is of the Dicotyledonous, with the persistent epidermis, fibrous endothecium, an ephemeral middle layer, and secretory type tapetum. Cytokinesis is simultaneous, originating tetrahedral tetrads. The pollen grain is tricolporate, spheroidal prolate, with reticulated ornamentation, and has two cells at dispersion. Our results showed that Caryocaraceae differs from relative families, mainly because it presents Dicotyledonous type development. Hereafter, we intend to study the ovule development in order to add more comprehensive data that may contribute to the circumscribing of Caryocaraceae within Malpighiales.

Keywords: Anatomy. Androecium. Embryology.

INTRODUÇÃO

Caryocaraceae Voigt é composta por 27 espécies distribuídas em dois gêneros, *Caryocar* L. com nove e *Anthodiscus* G. Mey com 18 espécies (Stevens, 2001 atualizado constantemente). É uma família exclusivamente neotropical que ocorre da Costa Rica ao Paraguai e Brasil, desde o Paraná, até a região oriental dos Andes (Prance e Silva, 1973). Seus representantes possuem folhas opostas ou alternas, trifolioladas e estipuladas, usualmente com margem serrada; inflorescências de racemos terminais com raquis curtos, frequentemente em corimbo; flores de tamanho médio a grande, hipóginas, actinomorfas com cálice e corola claramente diferenciados apresentadno, geralmente, cinco peças cada (Prance e Silva, 1973). O androceu é polistêmone, com longos filetes unidos na base (Prance e Silva, 1973). O gineceu possui de três a 20 lóculos com mesmo número de estiletos livres (Dickison, 1990). Os frutos são drupas e as sementes reniformes (Prance e Silva, 1973). As principais características que diferenciam os dois gêneros de Caryocaraceae são a presença de folhas alternas, racemo longo, cálice indistintamente lobulado e radícula espiralada presentes em *Anthodiscus* e folhas opostas, racemos curtos, sépalas separadas e radícula reta e espessa em *Caryocar* (Williams, 1935).

No Brasil, ocorrem 16 espécies de Caryocaraceae (Flora do Brasil, 2020), sendo que o gênero *Caryocar* é bastante comum no bioma Cerrado, com ocorrência do planalto do sul do Brasil central até o Paraná (Prance e Silva, 1973). As espécies de *Caryocar* são importantes para a ecologia, fornecendo diversos recursos para seus visitantes, seus frutos apresentam um grande importância econômica pois são utilizados em comidas típicas e sua madeira é usada na construção civil e embarcações rústicas das comunidades em que o gênero ocorre (Prance e Silva, 1973). Segundo o trabalho de Rodrigues e Carvalho (2001), o óleo extraído da castanha ou do pirênio possui aplicações na medicina popular, podendo ser

utilizado no tratamento de asma, bronquite, coqueluche e resfriados, como afrodisíaco e tônico.

A família Caryocaraceae apresenta um histórico taxonômico complexo, e já esteve posicionada próxima a Sapindaceae (Prance e Silva, 1973) na ordem Sapindales, na ordem Guttiferales (Wettstein, 1935) e na ordem Theales (Hutchinson 1969 Gundersen 1950, Cronquist 1968, Takhtajan 1969). Atualmente, segundo evidências moleculares, está inserida na ordem Malpighiales (Stevens, 2001 atualizado constantemente) dentro do clado das eurosídeas. Entretanto, a posição exata de Caryocaraceae dentro de Malpighiales ainda permanece indefinida (Stevens, 2001 atualizado constantemente). Wurdack e Davis (2009) utilizaram 13 regiões de diferentes genes para revisar as relações da ordem Malpighiales e sugeriram que estudos na área da embriologia comparada, estrutura floral e desenvolvimento seriam importantes para acrescentar dados que contribuam para o esclarecimento das relações de parentesco na ordem. Entretanto, um levantamento bibliográfico realizado por Endress et al. (2013), demonstrou que em 13 famílias de Malpighiales o desenvolvimento de óvulos e embriologia ainda são desconhecidos, como em Caryocaraceae, Centroplacaceae, Euphroniaceae, Goupiaceae, Ixonanthaceae, Lacistemataceae, Lophopyxidaceae, Malesherbiaceae, Medusagynaceae, Pandaceae, Peraceae e Quinaceae; dificultando esse tipo de abordagem.

Em seu trabalho, Maheshwari (1950) listou algumas das principais características embriológicas que podem ser utilizadas para questões taxonômicas, como o tipo de tapete da antera; meiose da célula mãe de micrósporo; desenvolvimento e organização do grão de pólen; forma e extensão do nucelo; origem e extensão do tecido esporogênico no óvulo; megasporogênese e desenvolvimento do saco embrionário; forma e organização do saco embrionário maduro; tipo de endosperma; características do embrião e certas anormalidades do desenvolvimento (partenogênese, poliembrionia, etc.). O número de

espécies de angiospermas cuja embriologia é conhecida no todo ou em parte é insignificante quando comparado ao número total de suas espécies (Palser, 1975).

Em Malpighiales a embriologia também tem-se mostrado promissora para a resolução dos problemas de parentesco entre suas famílias e sugerindo como a reprodução tem ocorrido na ordem (Endress et al., 2013; Franca e De-Paula, 2017). Entretanto, assim como ocorre nas angiospermas, a embriologia de Malpighiales é pouco conhecida na maioria das famílias e totalmente desconhecida em Caryocaraceae, Centroplacaceae, Euphroniaceae, Goupiaceae, Ixonanthaceae, Lacistemataceae, Lophopyxidaceae, Malesherbiaceae, Medusagynaceae, Pandaceae e Quiinaceae (Endress et al., 2013; Franca e De-Paula, 2017). Em Caryocaraceae, apenas o pólen maduro foi estudado por Barth (1966).

O presente trabalho teve como objetivo estudar a embriologia da família Caryocaraceae, descrevendo inicialmente o desenvolvimento da antera de *Caryocar brasiliense* Cambess., detalhando o desenvolvimento das camadas parietais, processos de microsporogênese, microgametogênese e desenvolvimento do pólen. Os resultados obtidos foram comparados com os de outras famílias da ordem Malpighiales, principalmente das famílias mais próximas a Caryocaraceae a fim de melhorar o entendimento das relações de parentesco dentro da ordem.

MATERIAL E MÉTODOS

Inflorescências em diferentes fases de desenvolvimento de *Caryocar brasiliense* foram coletadas em fragmentos de cerrado nas imediações do município de Uberlândia, Minas Gerais. Ramos férteis foram coletados e processados para os estudos anatômicos e para inclusão como material testemunho na coleção do Herbário Uberlandense (HUFU), com o número de registro 79.568 no Instituto de Biologia (INBIO) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Para o estudo anatômico, flores e botões florais de diversos

tamanhos foram medidos em papel milimetrado e separados por tamanho de acordo com o estágios de desenvolvimento. Após a separação, o material foi dissecado e fixado em Trump (MacDowell e Trump, 1979) por 24 horas e posteriormente desidratado em série etílica crescente até etanol 50%, onde foi armazenado (Berlyn e Miksche, 1976).

Posteriormente, para a análise das estruturas anatômicas, anteras de diversos tamanhos foram desidratadas até etanol 100%, incluídas em resina histológica e seccionadas em micrótomo rotativo Leica RM 2135, onde secções seriadas transversais foram obtidas com 4–6 μ m de espessura. As secções foram distendidas em água sobre lâminas histológicas aquecidas em placas aquecedoras com aproximadamente 50°C. Após a secagem completa, as lâminas foram coradas com Azul de Toluidina 0,05% (O'Brien et al., 1964, modificado com tampão acetato e pH 4,7). As lâminas foram montadas com Entellan® e analisadas em microscópio de luz. Para a análise em Microscopia Eletrônica de Varredura, grãos de pólen maduros foram separados, fixados com alumínio e cobertos com ouro utilizando-se uma espátula Leica EM SCD050. Posteriormente, o material foi analisado em microscópio eletrônico de varredura Zeiss EVO MA 100. As regiões mais relevantes foram fotografadas em fotomicroscópio Olympus BX51 e organizadas com uso de programas de edição de imagem não vetorial (Adobe Photoshop®).

RESULTADOS

Em fases iniciais, a antera de *Caryocar brasiliense* é tetralobada e em cada lobo apresenta um esporângio (tetraesporangiada) (Fig. 1a). Nesta fase, a parede da antera é composta pela protoderme e uma camada parietal primária subjacente e, mais internamente, em cada esporângio, é possível observar as células arquesporiais (Fig. 1a). Em uma fase posterior, a camada parietal primária divide-se periclinalmente dando origem a duas camadas parietais secundárias (Fig. 1b). A camada parietal secundária externa também se divide,

originando externamente o endotécio e internamente uma camada média (Fig. 1c). A camada parietal secundária interna se diferencia notapete, caracterizando o desenvolvimento da antera como do tipo Dicotiledôneo (Fig. 1c). O tapete formado apresenta células cubóides com citoplasma denso, núcleos volumosos e evidentes, ou seja, é do tipo secretor (Fig. 1c–d).

Na antera madura, a epiderme é persistente, unisseriada e possui células alongadas periclinalmente. O endotécio é formado por células alongadas anticlinalmente e com fitas de lignina, caracterizando o espessamento da antera do tipo fibroso (Fig. 1e–f). A camada média é efêmera e o tapete não é completamente consumido, sendo ainda possível observar resquícios dessa camada depois que os grãos de pólen estão formados (Fig. 1e–f).

As células arquesporais aumentam de volume e originam as células mãe de micrósporo (ou microsporocitos) (Fig. 1 a–c). A célula mãe de micrósporo sofre meiose e tétrades tetraédricas são originadas (Fig. 1d). Não ocorre formação de parede entre as meioses I e II, caracterizando a citocinese simultânea.

O grão de pólen é prolato esferoidal e tricolporado. A exina é espessa, composta principalmente por esporopolenina com ornamentação reticulada, formando de lóbulos equatoriais e apocolpos característicos (Fig. 1g). A intina é fina, composta por celulose e pectina, tornando-se espessa na região das aberturas. No momento da dispersão, o grão de pólen possui duas células, uma generativa e outra vegetativa (Fig. 1f).

DISCUSSÃO

Os dados embriológicos de Caryocaraceae foram comparados com os de Putranjivaceae, Elatinaceae, Malpighiaceae e Chrysobalanaceae, famílias próximas filogeneticamente (Tabela 1).

A antera de *Caryocar brasiliense* é tetraesporangiada, assim como relatado em Putranjivaceae no gênero *Drypetes* (Tokuoka e Tobe, 1999) e Chrysobalanaceae em

Chrysobalanus icaco e *Geobalanus oblongifolius* (= *Licania michauxii*) (Tobe e Raven, 1984). O desenvolvimento da parede da antera em Caryocaraceae é do tipo Dicotiledôneo e segrega Caryocaraceae de Putranjivaceae (Tokuoka e Tobe, 1999) e de Chrysobalanaceae (Tobe e Raven, 1984) que apresentam o desenvolvimento do tipo Básico. A natureza do tapete é uma característica diagnóstica para a maioria das famílias (Johri, 1992). Para *C. brasiliense*, *Drypetes* (Putranjivaceae) (Tokuoka e Tobe, 1999) e *C. icaco* e *G. oblongifolius* (Chrysobalanaceae) (Tobe e Raven, 1984) o tapete é do tipo secretor e binucleado, sendo que em *Malpighia coccigera* (Malpighiaceae) o tapete pode ser binucleado ou tetranucleado e apresentar duas camadas (Siddiqui, 1968). *Caryocar brasiliense* possui a epiderme persistente na maturidade e essa característica também foi observada para as famílias relacionadas (Siddiqui, 1968; Tobe e Raven, 1984; Tokuoka e Tobe, 1999). O endotécio possui espessamento do tipo fibroso em *C. brasiliense*, esse tipo de espessamento também foi relatado em *Drypetes* (Putranjivaceae) (Tokuoka e Tobe, 1999), *Bergia*, *Elatine* (Elatinaceae) (Kajale, 1939), *M. coccigera* (Malpighiaceae) (Siddiqui, 1968), *C. icaco* e *G. oblongifolius* (Chrysobalanaceae) (Tobe e Raven, 1984). Em *C. brasiliense*, uma camada média foi encontrada. Em *M. coccigera* (Malpighiaceae) (Siddiqui, 1968) e em *C. icaco* e *G. oblongifolius* (Chrysobalanaceae) (Tobe e Raven, 1984) são relatadas duas camadas, eem *Drypetes* (Putranjivaceae), o número de camadas varia de duas a três (Tokuoka e Tobe, 1999), sendo efêmeras em todas as famílias mencionadas.

A disposição das tétrades é tetraédrica em *C. brasiliense* (Caryocaraceae), *Drypetes* (Putranjivaceae) (Tokuoka e Tobe, 1999) e em *M. coccigera* (Malpighiaceae) (Siddiqui, 1968). Em *C. icaco* e *G. oblongifolius* (Chrysobalanaceae) (Tobe e Raven, 1984), as tétrades podem variar de tetraédrica a, muito ocasionalmente, decussada. A citocinese de *C. brasiliense* é simultânea, assim como em *Drypetes* (Putranjivaceae) (Tokuoka e Tobe, 1999), Elatinaceae (Dathan e Singh, 1971; Kajale, 1939; Raghavan e Srinivasan, 1940;), *M.*

coccigera (Malpighiaceae) (Siddiqui, 1968) e *C. icaco* e *G. oblongifolius* (Chrysobalanaceae) (Tobe e Raven, 1984).

O grão de pólen é tricolporado, em *C. brasiliense*; e em Putranjivaceae (Köhler, 1965; Punt 1962;), Elatinaceae (Erdtman, 1952; Melikian e Dildarian, 1977), e em Chrysobalanaceae ocorre variação, tricolporado e algumas espécies com quatro sulcos (Barth e Silva, 1963; Demchenko, 1973; Patel et al., 1983; Prance e White, 1988). Em *C. brasiliense* e Putranjivaceae (Köhler 1965; Punt 1962), o grão de pólen é prolato esferoidal e em Chrysobalanaceae (Barth e Silva, 1963; Demchenko, 1973; Patel et al., 1983; Prance e White, 1988) pode ser oblato esferoidal, prolato esferoidal, ou subprolato. A ornamentação é reticulada em *C. brasiliense*, tectareticulada em Putranjivaceae (Köhler 1965; Punt, 1962), finamente reticulado em Elatinaceae (Erdtman, 1952; Melikian e Dildarian, 1977) e com constrictões equatoriais em Chrysobalanaceae (Barth e Silva, 1963; Demchenko, 1973; Patel et al., 1983; Prance e White, 1988). Em *C. brasiliense*, *Drypetes* (Putranjivaceae) (Tokuoka e Tobe, 1999), *C. icaco* e *G. oblongifolius* (Chrysobalanaceae) (Tobe e Raven, 1984) e Malpighiaceae (Munshi e Farooq, 1969) o grão de pólen possui duas células no momento da dispersão. Já em Elatinaceae ocorre variação, *Bergia* com duas células e *Elatine* com três (Kajale, 1939).

Conforme abordado anteriormente, estudos sobre o desenvolvimento das estruturas reprodutivas dentro da Ordem Malpighiales são pouco realizados. Nosso trabalho contribui para acrescentar novas informações a respeito do desenvolvimento das estruturas masculinas em Caryocaraceae. Muitas das características encontradas são constantes nas famílias analisadas, sendo a diferença mais relevante o tipo de desenvolvimento da parede da antera, Dicotiledôneo em Caryocaraceae e Básico em Putranjivaceae, Elatinaceae, Malpighiaceae e Chrysobalanaceae. Futuramente pretendemos realizar um estudo complementar, que relate o desenvolvimento do óvulo, que proporcione uma amostragem

maior de caracteres de forma que auxilie na circunscrição desses clados dentro de Malpighiales.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTH, O.M. **Estudos morfológicos dos pólenes em Caryocaraceae**. Rio de Janeiro. Rodriguesia, 1966.
- BARTH, O. M., & SILVA, S. A. F. **Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil Meridional: IV-Cunoniaceae, Rosaceae e Connaraceae**. Rio de Janeiro: Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 1963.
- BERLYN, G.P.; MIKSCHE, J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: Iowa State University Press, 1976.
- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. NewYork: Houghton Mifflin, 1968.
- DATHAN, A. S. R.; SINGH D. **Embryology and seed-development in *Bergia* L.** J Indian Bot Soc, 1971.
- DEMCHENKO, N. I. **On the pollen morphology of the family Chrysobalanaceae**. Proc Int Palynol Conf., 1973.
- FRANCA, R.O.; DE-PAULA, O.C.; **Embryology of Pera (Peraceae, Malpighiales): systematics and evolutionary implications**. Journal of Plant Research, 2017.
- DICKISON, W.C. **A study of the floral morphology and anatomy of the Caryocaraceae**. Bulletin of the Torrey Botanical Club, p. 123–137, 1990.
- ENDRESS, P.K.; DAVIS C.C.; MATTHEWS, M.L. **Advances in the floral structural characterization of the major subclades of Malpighiales, one of the largest orders of flowering plants**. Annals of Botany, v. 111, n. 5, p. 969–985, 2013.
- ERDTMAN, G. See General References, 1952.

- FLORA DO BRASIL (2020 EM CONSTRUÇÃO). **Flora do Brasil 2020- Algas, Fungos e Plantas**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 08 Set. 2018
- GUNDERSEN, A. **Families of dicotyledons**. Waltham Mass: Chronica Bot Co., 1950.
- HUTCHINSON, J. **Evolution and phylogeny of flowering plants: dicotyledons, facts and theory**. New York: Academic Press, 1969.
- JOHRI, B.M.; AMBEGAOKAR, K.B.; SRIVASTAVA, P.S. **Comparative embriology of angiosperms**. Berlin: Springer-Verlag, 1992.
- KAJALE, L. B. **A contribution to the life-history of *Bergia ammanioides* Roxb**. J Indian Bot Soc, v. 18, p. 157-167, 1939.
- KÖHLER, E. **Die Pollenmorphologie der biovulaten Euphorbiaceae und ihre Bedeutung für die Taxonomie**. Grana, v. 6, n. 1, p. 26-120, 1965.
- MACDOWELL, E.M.; TRUMP, B.F. **Histologic Fixatives suitable for diagnosstic light an eletron microscopy**. Archives of Pathology & Laboratory Medicine, v. 100, n. 8, p. 405–414, 1976.
- MAHESHWARI, P. **An introduction to the embryology of angiosperms**. London: McGraw-Hill Book Company, 1950.
- MELIKIAN, A. P.; DILDARIAN, B.I. **Comparative anatomical and palynological study of representatives of Elatinaceae family**. Biol Zh Arm., 1977.
- MUNSHI, M.; FAROOQ, M. **The embryology of *Stigmaphyllon periplacaefalium* A. Juss.** (Abstr) In: Johri BM, Kapil RN, Rashid A (eds) SEM Morphology, anatomy and embryology of land plants, Univ Delhi, p. 73–74, 1969.
- O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. **Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O**. Protoplasma, v. 59, n. 2, p. 368–373, 1964.

- PALSER, B.F. **The bases of angiosperm phylogeny: embryology**. Annals of the Missouri Botanical Garden, p. 621–646, 1975.
- PATEL, V.; SKVARLA, J. J.; RAVEN, P. H. **Pollen 98 Flora Neotropica ultrastructure of Chrysobalanaceae**, 1983.
- PRANCE, G.T.; SILVA, M.F. **Caryocaraceae**. Flora Neotropica, p. 1–75, 1973.
- PRANCE, G. T.; WHITE, F. **The genera of Chrysobalanaceae: a study in practical and theoretical taxonomy and its relevance to evolutionary biology**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, p. 1–184, 1988.
- PUNT, W. **Pollen morphology of the Euphorbiaceae with special reference to taxonomy**. Wentia, v. 7, p. 1-116, 1962.
- RAGHAVAN, T. S.; SRINIVASAN V.K. **A contribution to the life-history of *Bergia capensis* Linn.** J Indian Bot Soc, 1940.
- RODRIGUES, V.E.G.; CARVALHO, D.A. **Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do cerrado na região do Alto Rio Grande–Minas Gerais**. Ciência e Agrotecnologia, 2001.
- SIDDIQUI, S.A. **The microsporangium and the male gametophyte in *Malpighia coccigera* Linn.** Beitr Bioi Pflanzen, 1968.
- STEVENS, P.F. (2001 atualizado constantemente). **Angiosperm Phylogeny Website**. Version 14, July 2017. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso em: 08 set. 2018.
- TAKHTAJAN, A. **Flowering plants origin and dispersal**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1969.

- TOBE, H.; RAVEN, P. H. **An embryological contribution to systematics of the Chrysobalanaceae I. Tribe Chrysobalaneae.** The botanical magazine= Shokubutsu-gakuzasshi, v. 97, n. 3, p. 397-411, 1984.
- TOKUOKA, T.; TOBE, H. **Embryology of tribe Drypeteae, an enigmatic taxon of Euphorbiaceae.** Plant Systematics and Evolution, v. 215, n. 1-4, p. 189-208, 1999.
- WETTSTEIN, R. **Caryocaraceae.** Handbuch der systematischen Botanik. Franz Deuticke: Leipzig und Wien, 1935.
- WILLIAMS, W.L. **A study of the Caryocaraceae.** Tropical Woods, p. 1–17, 1935.
- WURDACK, K.J. & DAVIS, C.C. **Malpighiales phylogenetics: gaining ground on one of the most recalcitrant clades in the angiosperm tree of life.** American Journal of Botany, v. 96, n. 8, p. 1551-1570, 2009.

FIGURA

Figura 1. Antera de *Caryocar brasiliense* em secções transversais (a–f) e grão de pólen em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (g), mostrando seu desenvolvimento. **(a)** Antera jovem tetralobada, note que cada lobo apresenta um esporângio. **(b–d)** Detalhe dos esporângios. **(b)** Mostrando a protoderme, camada parietal primária com a primeira divisão e uma célula arquesporial. **(c)** Com as camadas parietais em formadas: epiderme, endotécio, camada média e tapete. Internamente pode-se observar as células mãe de micrósporo. **(d)** Após a formação da tétrade tetraédrica. **(e)** Visão geral da antera com os grãos de pólen formados. **(f)** Detalhe de um dos esporângios, mostrando a epiderme dispersa, endotécio fibroso, tapete persistente e grão de pólen com as células vegetativa e um gameta. **(g)** Grão de pólen evidenciando seus colporos e sua ornamentação. ar: célula arquesporial; ci: célula mãe de micrósporo; cm: camada média; cp: camada parietal; cg: célula generativa; cv: célula vegetativa; en: endotécio; ep: epiderme; gp: grão de pólen; mi: microsporângio; pr: protoderme; ta: tapete; te: tétrade de micrósporos; seta: divisão da camada parietal.

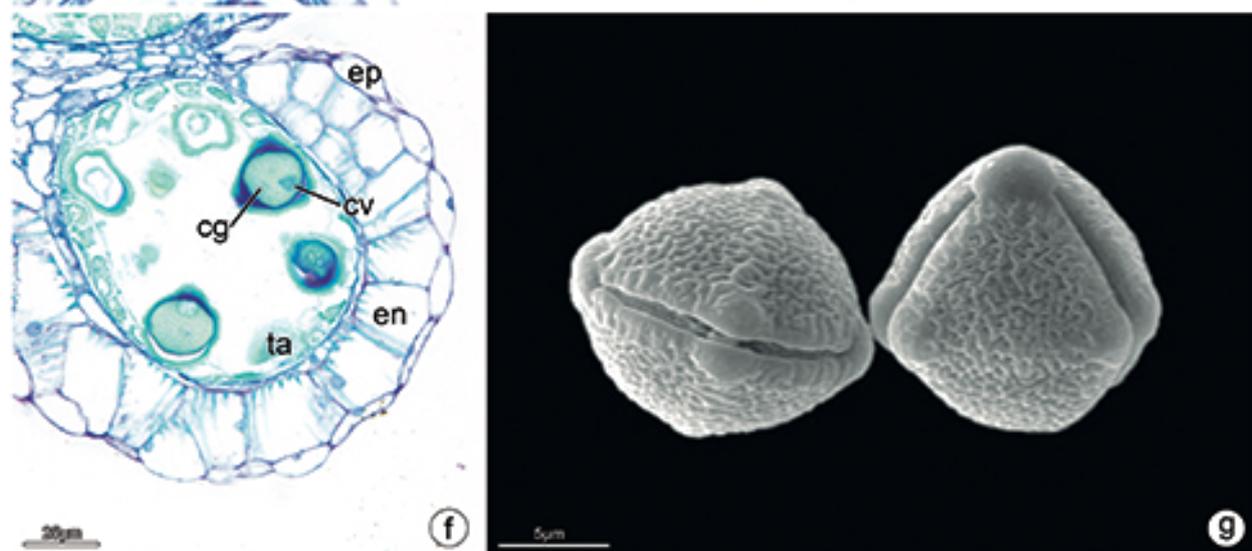
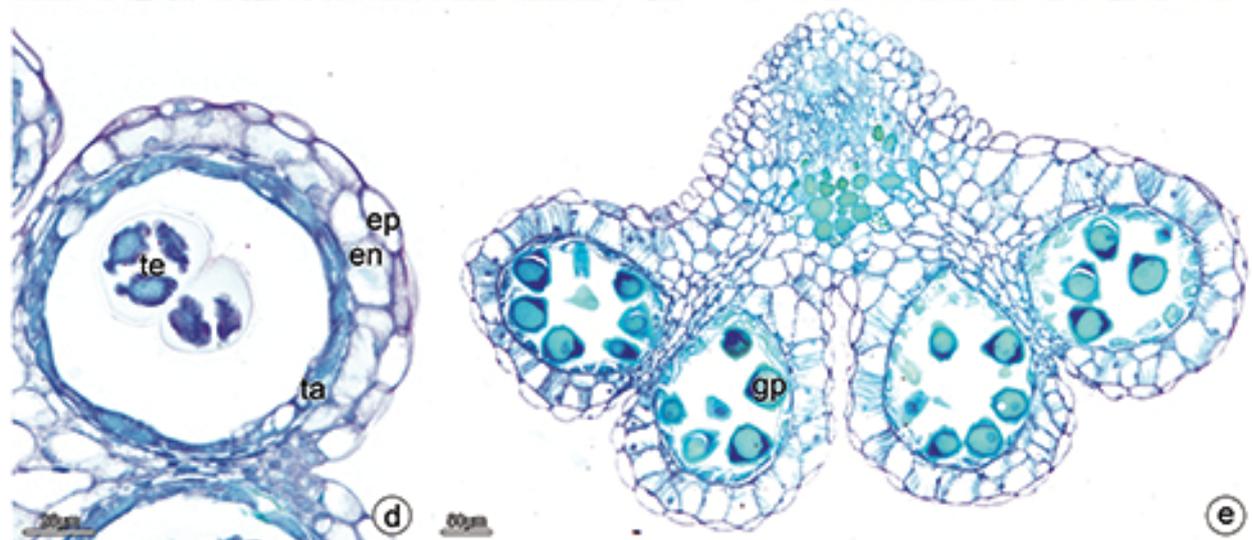
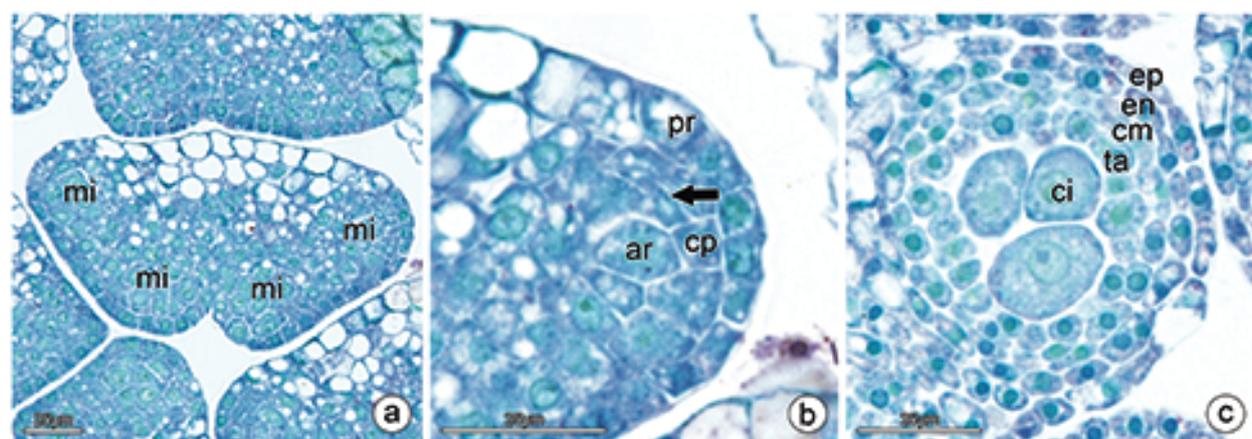


Tabela 1. Dados comparativos da embriologia de Caryocaraceae, Putranjivaceae, Elatinaceae, Malpighiaceae e Chrysobalanaceae.

caráter	Caryocaraceae		Putranjivaceae		Elatinaceae		Malpighiaceae		Chrysobalanaceae	
	estado de caráter	autor(es)	estado de caráter	autor(es)	estado de caráter	autor(es)	estado de caráter	autor(es)	estado de caráter	autor(es)
quantidade de esporângios	tetraesporangiada	neste trabalho	tetraesporangiada	Tokuoka e Tobe (1999)	?		?		tetraesporangiada	Tobe e Raven (1984)
tipo de desenvolvimento da antera	dicotiledôneo	neste trabalho	básico	Tokuoka e Tobe (1999)	?		?		básico	Tobe e Raven (1984)
epiderme	persistente na maturidade	neste trabalho	persistente	Tokuoka e Tobe (1999)	?		persistente	Siddiqui (1968)	persistente	Tobe e Raven (1984)
endotécio	fibroso	neste trabalho	fibroso	Tokuoka e Tobe (1999)	fibroso	Kajale (1939)	fibroso	Siddiqui (1968)	fibroso	Tobe e Raven (1984)
camadas médias	efêmera	neste trabalho	efêmeras	Tokuoka e Tobe (1999)	?		efêmeras	Siddiqui (1968)	efêmeras	Tobe e Raven (1984)
	uma camada	neste trabalho	duas a três camadas	Tokuoka e Tobe (1999)	duas camadas	Kajale (1939)	duas camadas	Siddiqui (1968)	duas camadas	Tobe e Raven (1984)
tapete	secretor	neste trabalho	secretor	Tokuoka e Tobe (1999)	secretor	Kajale (1939); Raghavan e Srinivasan (1940); Dathan e Singh (1971)	secretor	Siddiqui (1968)	secretor	Tobe e Raven (1984)
	uma camada	neste trabalho	?		?		duas camadas	Siddiqui (1968)	?	
citocinese	simultânea	neste trabalho	simultânea	Tokuoka e Tobe (1999)	simultânea	Kajale (1939); Raghavan e Srinivasan (1940); Dathan e Singh (1971)	simultânea	Siddiqui (1968)	simultânea	Tobe e Raven (1984)
disposição das tétrades de microsporos	tetraédrica	neste trabalho	predominantemente tetraédrica	Tokuoka e Tobe (1999)	?		tetraédrica	Siddiqui (1968)	usualmente tetraédrica e muito ocasionalmente decussada	Tobe e Raven (1984)
deiscência	longitudinal	neste trabalho	longitudinal	Tokuoka e Tobe (1999)	longitudinal		?		longitudinal	Tobe e Raven (1984)
grão de pólen	tricolporado	neste trabalho	tricolporado	(Punt 1962; Köhler 1965)	tricolporado	Erdtman (1952); Melikian e Dildarian (1977)	?		tricolporado, algumas espécies com quatro sulcos	Prance e White (1988), Barth e Silva (1963), Demchenko (1973), Patel et al. (1983)
	prolato esferoidal	neste trabalho	prolato esferoidal	(Punt 1962; Köhler 1965)	?		?		oblato esferoidal, prolato esferoidal, ou subprolato	Prance e White (1988), Barth e Silva (1963), Demchenko (1973), Patel et al. (1983)

	reticulado	neste trabalho	tectareticulado	(Punt 1962; Köhler 1965)	finamente reticulado	Erdtman (1952); ? Melikian e Dildarian (1977)		construções equatoriais	Prance e White (1988), Barth e Silva (1963), Demchenko (1973), Patel et al. (1983)
número de células do grão de pólen	duas	neste trabalho	duas	Tokuoka e Tobe (1999)	duas (<i>Bergia</i>) três (<i>Elatine</i>)	Kajale (1939); duas Raghavan e Srinivasan (1940); Dathan e Singh (1971)	Munshi e Farooq (1969)	duas	Tobe e Raven (1984)