



UFRJ

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA
DE *PAULLINIA* L. (SAPINDACEAE)**

Elysiane de Barros Marinho

**Rio de Janeiro
2017**



UFRJ

PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA DE *PAULLINIA* L.
(SAPINDACEAE)

Elysiane de Barros Marinho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço Esteves
Dr^a. Genise Vieira Somner

Rio de Janeiro

2017



UFRJ

PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA DE *PAULLINIA* L.
(SAPINDACEAE)

Elysiane de Barros Marinho

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço Esteves
Dr^a. Genise Vieira Somner

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica).

Aprovada por:

Presidente, Prof.

Prof.

Prof.

Prof.

Prof.

À minha filha Alice,
Responsável pelo incentivo diário
às minhas conquistas.

" Em um grão de pólen está a metade das informações necessárias para formar uma nova planta. Essa somente será formada se um grão de pólen encontrar a outra metade correspondente e germinar. Isso quer dizer que um grão de pólen sozinho, apesar de ser capaz de ir para muito longe de sua origem, só cumpre seu papel se houver a participação da outra parte."

Reinaldo Bozelli

A Deus, agradeço a minha vida e pela trajetória que a mim concedeu, muitas vezes difíceis, sinto-me por Ele amparada. E, a toda outra parte, com a qual inicio meus agradecimentos, pela participação em mais uma etapa da minha vida acadêmica.

À minha querida orientadora Prof^a Vania Gonçalves Lourenço Esteves por ter acreditado em meu potencial e me acolhido desde a iniciação científica, permitindo que eu fizesse parte da família do laboratório de Palinologia do Museu Nacional. Agradeço pela orientação acadêmica e pessoal, pelas belíssimas pranchas e tabelas que aprendi a construir com o toque de perfeccionismo. Obrigada pelos puxões de orelhas e pelas broncas que muitas vezes me fizeram parar, refletir e reorganizar o rumo da minha trajetória. Muito obrigada pelas palavras de apoio e carinho das horas felizes e principalmente nas horas mais difíceis.

À minha orientadora Prof^a Genise Vieira Somner por ter me apresentado o belíssimo mundo do guaraná. Agradeço pelo carinho imenso, pela paciência em me orientar, por toda dedicação e amizade, por ser ouvidos nos momentos difíceis e por acreditar no meu potencial. Muito obrigada por suas ricas contribuições para concretização de mais uma etapa da minha trajetória acadêmica e pessoal.

Aos amigos do Laboratório de Palinologia, agradeço a todos pelas boas gargalhadas que demos. Isso fez com que esta caminhada se tornasse cada vez mais gratificante. Obrigada pela companhia nos eventos, nas tardes de acetólises sem fim, nos sábados, nos dias de muito calor e de muito frio controlados pelo nosso ar condicionado! Desejo que a cumplicidade de todos vocês continue tão farta quanto o nosso pote de biscoito.

À Prof^a Claudia Barbieri, pela amizade e pela sua participação no meu amadurecimento profissional.

À Prof^a Heloísa Alves de Lima, por toda a sua contribuição à minha formação acadêmica desde a iniciação científica. Obrigada por despertar o encantamento pela botânica, em especial no que diz respeito à biologia floral. Agradeço as suas ricas contribuições, principalmente aquelas que surgem durante as conversas informais pelos corredores. O seu amor pela pesquisa e a forma atenciosa no convívio com os alunos é um grande exemplo a ser seguido sempre. Muito obrigada!

À Prof^a Barbara de Sá Haiad por todo o carinho e ricas contribuições durante a minha formação acadêmica, pela amizade e pelo incentivo para que eu adotasse gatos do horto. A

Frida e a Luna tornaram os meus dias mais agradáveis e foram companheiras incríveis nas madrugadas de escrita, principalmente na reta final do doutorado.

À Renata Suzano Candido, por ter compartilhado os altos e baixos desses quatro anos de doutorado. Pelas horas de estudo, pelas horas de conversa jogada fora e pelas madrugadas compartilhando ideias, aflições e alegrias. Agradeço também os seus bolinhos saudáveis e por todas as barrinhas de cereal que me alimentou entre uma disciplina e outra.

Agradeço a todos os meus professores, da educação básica ao ensino superior, que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, e que os questionamentos provocados me levaram às inquietações na construção do saber científico. Obrigada a todos pelas sábias palavras.

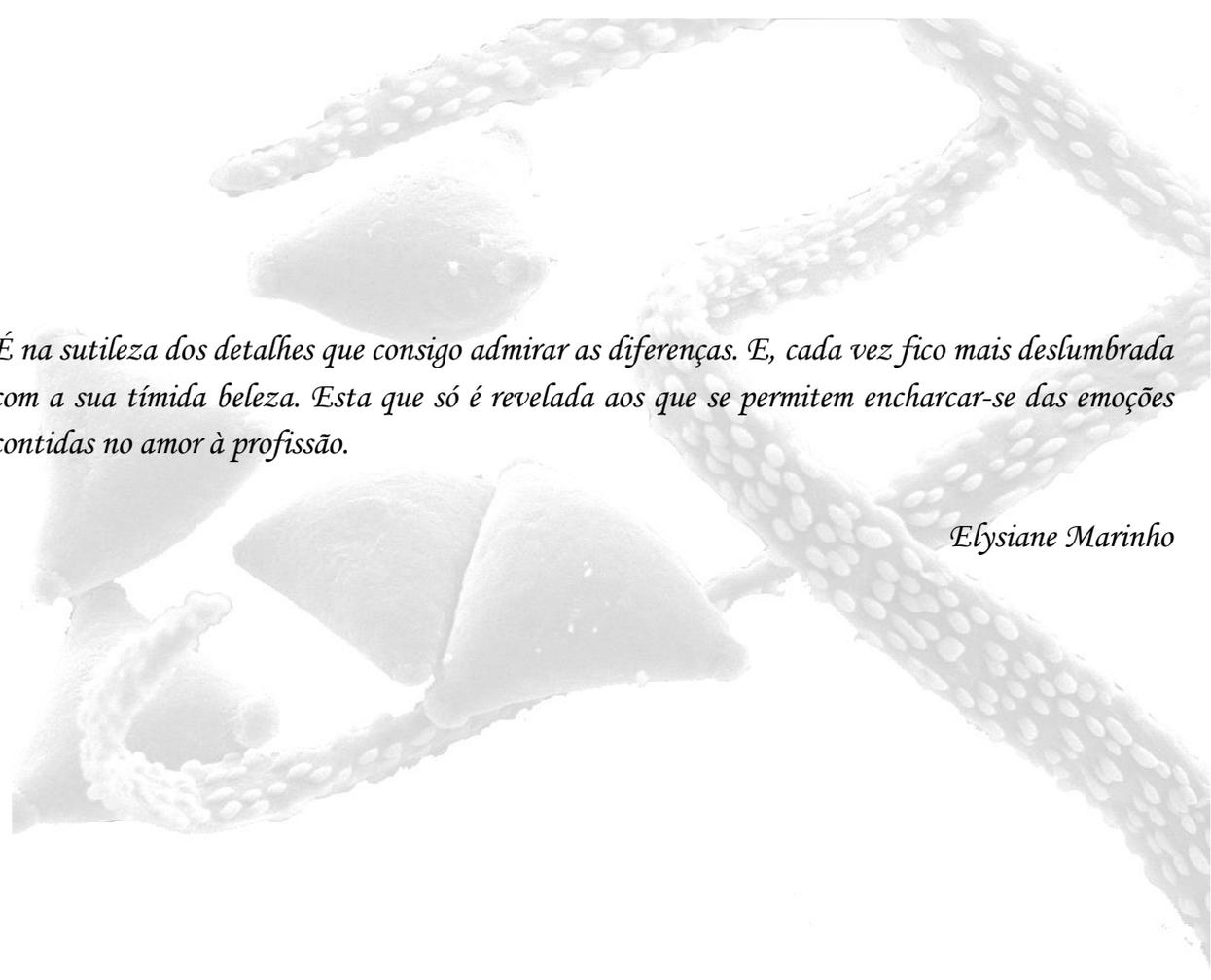
Aos professores da banca examinadora por aceitarem participar da avaliação deste trabalho. À prof^a Débora, pelas revisões da boneca até a versão final. Muito obrigada por acompanhar este processo sempre disposta a contribuir cada vez mais.

Aos meus amigos “The Tchecos” pelas boas gargalhadas e pela companhia nos momentos em que mais precisei. Em especial à Roberta Carvalho e ao Wellington Xavier e por todo o amor, companhia e paciência que dedicam a mim todos os dias, principalmente nos meus momentos de fraqueza mostrando-me o quanto posso ser forte. Obrigada por vocês acreditarem que sou capaz. Acredito que Deus pôs cada um de vocês em meu caminho como anjos para tornar mais leve a minha caminhada. Muito obrigada!

À Capes pela bolsa concedida para a realização desse trabalho.

Aos meus alunos e aos colegas professores do Colégio Estadual Francesca Carey por todo o suporte durante essa trajetória na busca da realização de mais um sonho. À Vanyse Andrade por toda paciência, amizade e acolhida em sua casa nos momentos em que precisei descansar do trajeto Teresópolis-Itaboraí. À Cleide Jane pela amizade e pela compreensão nos momentos em que precisei me ausentar da escola. Muito obrigada!

Aos meus pais e irmãos pelo carinho e apoio. E a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente para a germinação da minha vida acadêmica, muito obrigada.



É na sutileza dos detalhes que consigo admirar as diferenças. E, cada vez fico mais deslumbrada com a sua tímida beleza. Esta que só é revelada aos que se permitem encharcar-se das emoções contidas no amor à profissão.

Elysiane Marinho

d337p de Barros Marinho, Elysiane
Palinologia Aplicada à Sistemática de Paullinia
L. (Sapindaceae) / Elysiane de Barros Marinho. --
Rio de Janeiro, 2017.
143 f.

Orientadora: Vania Gonçalves Lourenço Esteves.
Coorientadora: Genise Vieira Somner.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Museu Nacional, Programa de Pós-Graduação
em Botânica, 2017.

1. Sapindaceae. 2. Paullinia. 3. Palinologia. 4.
Grãos de Pólen. 5. Evolução Polínica. I. Gonçalves
Lourenço Esteves, Vania , orient. II. Vieira Somner,
Genise , coorient. III. Título.

PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA DE *PAULLINIA* L. (SAPINDACEAE)

Elysiane de Barros Marinho

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço EstevesDr^a. Genise Vieira Somner

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica).

Paullinia L. é o segundo gênero com maior número de espécies da família Sapindaceae apresentando aproximadamente 200 espécies. Seus representantes são lianas geralmente vigorosas, que vivem preferencialmente em florestas úmidas. No Brasil, suas espécies estão concentradas, principalmente, nas matas amazônica e atlântica. O presente estudo teve por objetivo subsidiar a sistemática de *Paullinia* com base na caracterização morfológica de espécies subordinadas ao gênero, além de analisar os atributos polínicos visando avaliar o potencial dessas estruturas como marcadores morfológicos para sustentar ou diferenciar categorias infragenéricas existentes. Desta forma, pretende-se fornecer dados que auxiliem no estudo sistemático da família. O material estudado foi obtido de excidatas proveniente de herbários R, RBR, INPA e US. Os grãos de pólen foram acetolisados, medidos, descritos e ilustrados sob microscopia de luz e de varredura. Para a análise da viabilidade polínica foi utilizado o teste do carmim acético. O mapeamento dos caracteres morfológicos na filogenia molecular foi realizado no programa Mesquite. Foram estudadas as seguintes características polínicas forma, tamanho, abertura e padrão de ornamentação da exina, viabilidade polínica dos grãos de pólen das flores femininas e a história evolutiva dos caracteres palinológicos. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a morfologia polínica não corrobora a classificação infragenérica de *Paullinia*. Os grãos de pólen apresentam um potencial taxonômico que permite agrupamentos por similaridade dos atributos palinológicos exclusivos do gênero. Grãos de pólen das flores femininas podem ser ou não viáveis e apresentam morfologia semelhante aos grãos de pólen das flores masculinas. A morfologia polínica estudada aqui contribui para um melhor conhecimento das espécies para auxiliar na taxonomia do gênero *Paullinia*.

Palavras-chave: Sapindaceae, Paullinae, Sistemática

PALINOLOGY APPLIED TO SYSTEMATIC *PAULLINIA* L. (SAPINDACEAE)

Elysiane de Barros Marinho

Supervisors: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço EstevesDr^a. Genise Vieira Somner

Doctoral Thesis abstract submitted to the Post-graduate degree in Biological Sciences (Botany), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, as part of the requirements for obtaining the title of Doctor of Biological Sciences (Botany).

Paullinia is the second genus with the highest number of Sapindaceae family species with approximately 200 species. Their representatives are generally strong lianas, inhabiting preferably in the rainforests. In Brazil, its species are concentrated mainly in the amazonian and atlantic forests. The aim of the present study was to support the *Paullinia* L. systematics, based on the morphopalinological characterization of species subordinate to the genus, and to analyze the pollen attributes to evaluate the potential of these structures as morphological markers to support or differentiate the existing infrageneric categories. In this way, it is intended to provide data that will help in the study of family systematics. The material studied was obtained from exsiccates from herbarium R, RBR, and US INPA. The pollen grains were acetolysed, measured, described and illustrated using light microscopy and scanning. For the analysis of the pollen viability, the acetic carmine test was used. The mapping of the morphological characters in the phylogeny was performed in the Mesquite software. The following pollen characteristics were studied: shape, size, aperture and pattern of exina ornamentation, pollen viability of pollen grains of female flowers and the evolutionary history of the palynological characteristics. . The results showed that the pollen morphology does not corroborate to the infrageneric classification of *Paullinia*. The pollen grains present a taxonomic potential that allows groupings by similarity of the exclusive palynological attributes of the genus. Pollen grains of female flowers may or may not be viable and exhibit similar morphology to the pollen grains of male flowers. The pollen morphology studied here contributes to a better knowledge of the species to assist in the taxonomy of the genus *Paullinia*.

Keywords: Sapindaceae, Paullinieae, Systematics

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
Capítulo 1 - Morfologia polínica de <i>Paullinia</i> L. (Sapindaceae)	10
Resumo	11
Abstract	12
1. Introdução.....	13
2. Material e Métodos.....	17
3. Resultados.....	23
4. Discussão.....	38
5. Conclusão.....	42
Referências Bibliográficas.....	32
Anexo I. Material examinado de <i>Paullinia</i>	48
Capítulo 2 – Palinotaxonomia e sua aplicação na delimitação na tribo Paullinieae	
Resumo	97
Abstract	98
1. Introdução.....	99
2. Material e Métodos.....	102
3. Resultados e discussão.....	104
Referências Bibliográficas.....	108
Anexo I.....	124
Anexo II.....	125
Considerações Finais.....	126

Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista equatorial de espécies de <i>Paullinia</i> (n=10). DP = Diâmetro polar, DE = diâmetro equatorial e P/E = relação entre diâmetro polar e equatorial.....	54
Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de <i>Paullinia</i> (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); IAP – índice da área polar; *(n=10).....	58
Medidas (em μm) das aberturas e das camadas da exina dos grãos de pólen de espécies de <i>Paullinia</i> (n=10). *Espécies em análise, aberturas ainda não mensuradas.....	65
Medidas (em μm) dos grãos de pólen, em vista polar, do material de comparação de espécies de <i>Paullinia</i> (n = 10).....	69
Matriz de dados quantitativos (métricos) e qualitativos (categóricos) de <i>Paullinia</i>	74
Variância cumulativa e valores dos vetores da análise de componente principal (PCA).....	77
Viabilidade, em porcentagem (%), dos grãos de pólen das espécies estudadas de <i>Paullinia</i>	78
Lista de espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae e fonte de dados palinológicos correspondentes.....	110
Matriz dos caracteres polínicos das espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae.....	113

Cladograma de Sapindaceae baseado em sequências de DNA e morfologia, mostrando a monofilia de Sapindaceae (Buerki <i>et al.</i> 2010).....	2
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. alata</i> , <i>P. bracteosa</i> , <i>P. clavigera</i> , <i>P. cururu</i>	79
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. elegans</i> , <i>P. imberbis</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>P. rizhanta</i> , <i>P. spicata</i>	80
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. castaneifolia</i> , <i>P. rubiginosa</i> , <i>P. seminuda</i> , <i>P. stipularis</i>	81
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. cearensis</i> , <i>P. cupana</i> , <i>P. ferruginea</i> , <i>P. fusiformis</i> , <i>P. jamaicensis</i>	82
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. latifolia</i> , <i>P. rugosa</i> , <i>P. subcordata</i> , <i>P. bicorniculata</i>	83
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. carpopoda</i> , <i>P. ingifolia</i> , <i>P. marginata</i> , <i>P. platymisca</i> , <i>P. clathrata</i>	84
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. elongata</i> , <i>P. sphaerocarpa</i> , <i>P. hystrix</i> , <i>P. paullinioides</i>	85
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. aff riparia</i> , <i>P. sprucei</i> , <i>P. turbacensis</i> , <i>P. plagioptera</i>	86
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. verrucosa</i> , <i>P. fibulata</i> , <i>P. isoptera</i> , <i>P. rufescens</i> , <i>P. alsmithii</i> , <i>P. barbadensis</i>	87
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. caloptera</i> , <i>P. dasyphylla</i> , <i>P. dasystachia</i> , <i>P. fuscescens</i> , <i>P. mellifolia</i>	88

Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. subnuda</i> , <i>P. ternata</i> , <i>P. coriacea</i> , <i>P. cristata</i>	89
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. dasygonia</i> , <i>P. micrantha</i> , <i>P. pseudota</i> , <i>P. rhomboidea</i>	90
Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de <i>Paullinia</i> : <i>P. thalictrifolia</i> , <i>P. trigonia</i> , <i>P. uloptera</i> , <i>P. weinmannifolia</i>	91
Fotomicrografias e eletromicrografias deiscência das anteras dos estaminódios da flor feminina e viabilidade dos grãos de pólen de <i>Paullinia</i> (grãos de pólen não acetolisados): <i>P. fusiformis</i> , <i>P. ingifolia</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>P. seminuda</i>	92
Viabilidade dos grãos de pólen de <i>Paullinia</i> (grãos de pólen não acetolisados). <i>P. alata</i> , <i>P. cearensis</i> , <i>P. coriacea</i> , <i>P. elegans</i> , <i>P. elongata</i> , <i>P. mellifolia</i> , <i>P. rugosa</i> , <i>P. thalictrifolia</i> , <i>P. trigonia</i>	93
Dendrograma combinado de dados quantitativos e qualitativos de espécies de <i>Paullinia</i> por análise hierárquica de aglomeração (AHC). Espécies indicadas pelos 3-4 primeiras letras do epíteto específico.....	94
Gráfico bidimensional representando espécies de <i>Paullinia</i> em PCA.....	95
Cladograma simplificado de Sapindaceae, baseado em sequências de DNA e morfologia mostrando a monofilia de <i>Paullinia</i> (Buerki <i>et al.</i> 2009).....	100
Esquema hipotético da otimização dos caracteres polínicos na filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	116
Traçado evolutivo do estado de caráter <i>tamanho</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	117

Traçado evolutivo do estado de caráter <i>tipo de abertura</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	118
Traçado evolutivo do estado de caráter <i>nº de abertura</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	119
Traçado evolutivo do estado de caráter <i>polaridade</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	120
Traçado evolutivo do estado de caráter <i>ornamentação</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	121
Traçado evolutivo do estado de caráter <i>âmbito</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	122
Traçado evolutivo do estado de caráter <i>forma</i> na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	123
Árvore filogenética molecular proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017), Paullinioideae e grupo irmão.....	126
Clado Paullinieae do Novo Mundo da árvore filogenética molecular proposita por Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017).....	127

O presente estudo tem como principal objetivo, a descrição palinológica de espécies do gênero *Paullinia* L. em sua classificação infragenérica (seções) visando avaliar o potencial dos grãos de pólen como marcador morfológico para sustentar ou diferenciar categorias taxômicas existentes, bem como, delimitar gêneros e espécies. Desta forma, pretende-se fornecer dados que auxiliem no estudo sistemático da família.

Tendo em vista o enfoque deste trabalho, a tese foi redigida contendo: Introdução geral com dois capítulos, seguido das considerações finais. Apresentam-se abaixo os capítulos que compõem a tese:

Capítulo 1 - Morfologia polínica de *Paullinia* L. (Sapindaceae): Neste capítulo é apresentada a morfologia polínica das flores funcionalmente masculinas e funcionalmente femininas de *Paullinia* e as suas relações de similaridade em análise hierárquica de aglomeração (Cluster) e PCA a partir da estrutura palinológica das seções do gênero *Paullinia*.

Capítulo 2 – Aplicação do conhecimento palinológico na delimitação da tribo Paullinieae e do gênero *Paullinia*: Neste capítulo é apresentada a contextualização da morfologia polínica de *Paullinia* (baseada nas relações de similaridade da estrutura palinológica), e as suas relações com as demais espécies da tribo Paullinieae baseada na proposta filogenética de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017).

INTRODUÇÃO GERAL

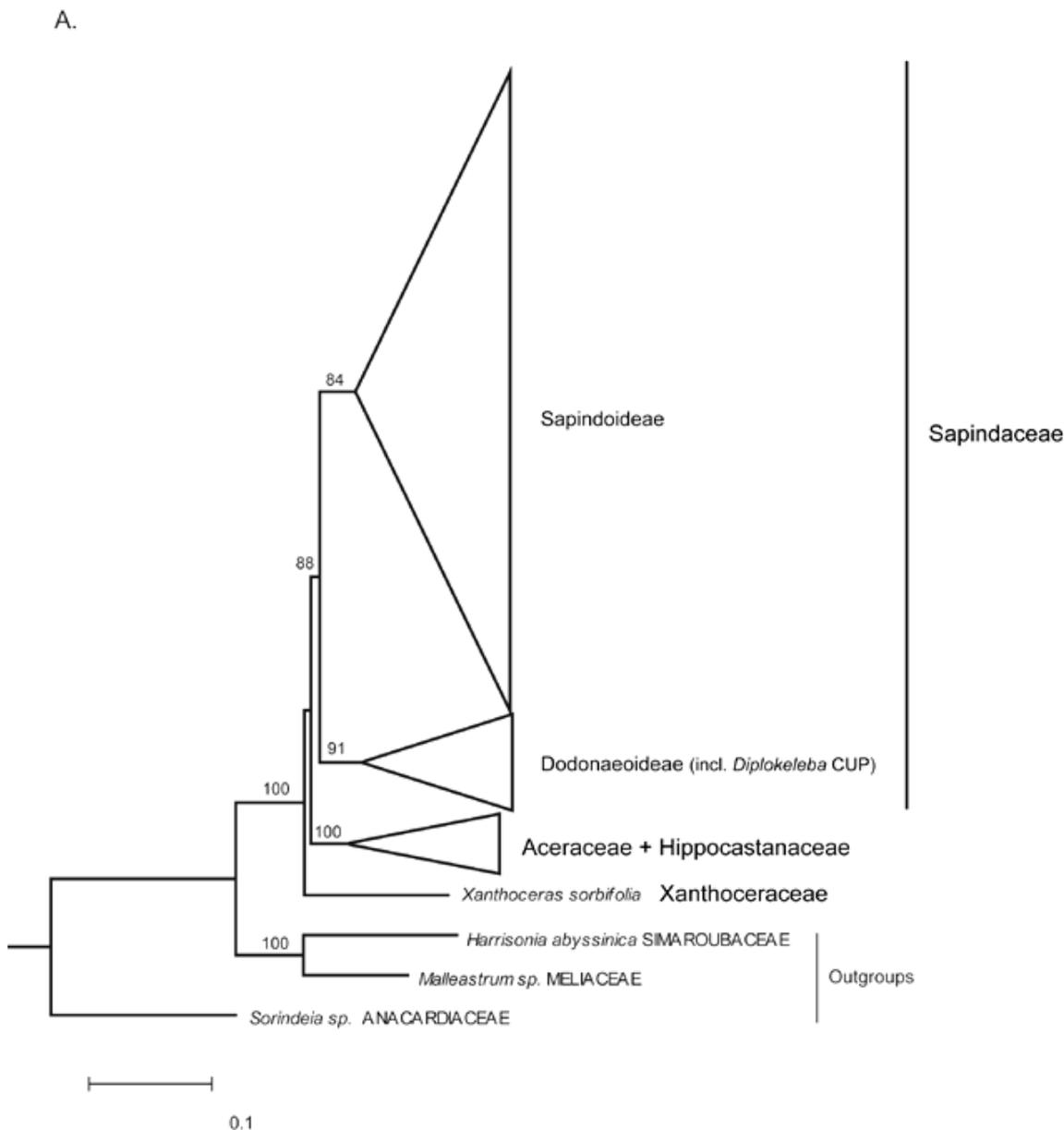
Sapindaceae pertence à ordem Sapindales, que inclui outras oito famílias: Anacardiaceae, Biebersteiniaceae, Burseraceae, Kirkiaceae, Nitrariaceae (incluindo Peganaceae e Tetradiclidaceae), Rutaceae, Meliaceae e Simaroubaceae. Sapindaceae é considerada a maior família da ordem em número de gênero e espécies (Stevens 2013). Esta ordem, com base em estudos moleculares, apresentou um clado bem suportado baseado em sequências de *rbcl*, *atpB*, e 18S, entretanto, não há clareza quanto às sinapomorfias não moleculares do clado (Soltis *et al.* 2005).

Sapindaceae *s.l.* possui cerca de 470 gêneros e 6.070 espécies (APG IV 2016). Na primeira proposta de classificação para a família, Jussieu (1789) considerou Sapindaceae como distinta de Aceraceae. Posteriormente, esta família foi incluída junto com Hippocastanaceae dentro de Sapindaceae por Bentham e Hooker (1862). O primeiro e mais completo sistema de classificação de Sapindaceae foi proposto por Radlkofer (1931). O autor considerou a família distinta de Aceraceae e Hippocastanaceae e a dividiu em 14 tribos subordinadas a duas subfamílias (Sapindoideae e Dodoneoidaeae). Até os dias atuais suas obras são consideradas importantes referências para estudos com a família (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2011).

A primeira filogenia molecular de Sapindaceae *s.l.*, utilizando sequência de DNA de *matk* e *rbcl*, realizada por Harrington *et al.* (2005), mostrou que a família é monofilética e os autores sugeriram a divisão da família em 4 subfamílias e 14 grupos. No entanto, seus resultados apresentaram grupamentos informais indicando alto nível de parafilia e polifilia.

Uma nova classificação para Sapindaceae *s.l.* foi apresentada por Buerki *et al.* (2009) baseada em sequências de DNA de plastídios e genomas nucleares (Fig.1). Os resultados deste estudo corroboram os de Harrington *et al.* (2005). Um ano depois, Buerki *et al.* (2010) apresentaram uma filogenia com novos marcadores (ITS e *Matk*, *rpoB*, *trnD-trnT*, *trnK-matK*, *trnL-trnF* e *trnS-trnG*) que confirmaram a consistência de Sapindaceae *s.l.*, mas apontaram problemas conceituais na circunscrição sugerindo incluir o gênero *Xanthoceras* Bungi em uma família Xanthoceraceae tornando, então, Sapindaceae *s.s.* monofilética.

Figura 1: Cladograma de Sapindaceae baseado em sequências de DNA e morfologia, mostrando a monofilia de Sapindaceae (Buerki *et al.* 2010).



Atualmente, Sapindaceae *s.s.* possui 136 gêneros e 1.756 espécies, representada no Brasil por cerca de 25 gêneros e 411 espécies, das quais 187 são endêmicas e, na maioria, restritas à região amazônica (Somner *et al.* 2010). Segundo Judd *et al.* (2008), dentre os gêneros com maior número de espécies estão *Serjania* Mill. (220), *Paullinia* L. (150), *Acer* L. (110) e *Allophylus* L. (100). O gênero *Xanthoceras* agora pertence a uma nova família Xanthoceraceae, sendo irmã do clado formado por Sapindaceae, Aceraceae e Hippocastanaceae (Buerki *et al.* 2010). Apesar da nova classificação, a circunscrição atual

assemelha-se ao proposto por Radlkofer (1895) e muitas das relações filogenéticas dentro do grupo ainda são pouco esclarecidas.

Paullinia é um gênero neotropical, com exceção de uma espécie, *Paullinia pinnata* L., que ocorre também na África (Somner 2001; Acevedo-Rodríguez *et al.* 2011). É o segundo gênero com maior número de espécies da família Sapindaceae *s.s.* apresentando cerca de 200 espécies (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2017; Somner *et al.* 2001). Seus representantes são lianas geralmente vigorosas, que vivem preferencialmente em florestas úmidas. No Brasil, suas espécies estão concentradas, principalmente, na mata amazônica e atlântica. Muitos desses táxons são identificados somente em nível de família ou no máximo como *Paullinia* em boa parte das floras regionais e dos mapas de distribuição consultados. A maioria dos representantes desse gênero é formada por lianas, sendo difícil estudá-lo e coletá-lo porque seus caules são extremamente longos, crescendo sobre o dossel de diversas árvores (Nabe-Nielsen 2001, Acevedo-Rodríguez 2005). Como resultado dessa dificuldade, numerosas espécies de *Paullinia* possuem descrições incompletas de seus órgãos. Isto é especialmente observado para seções transversais de caules maduros, que apesar de portarem importantes caracteres diagnósticos (Radlkofer 1931, Acevedo-Rodríguez 1993, Somner 2001), são raramente coletados. Ainda se conhece muito pouco da biologia das *Paullinia*, de sua estrutura, palinologia e ecologia.

Além de sua contribuição para a biodiversidade dos neotrópicos, as espécies de *Paullinia* são importantes elementos da floresta e da ecologia da vida silvestre, pois apresentam sementes com sarcotesta e flores nectaríferas fornecendo, respectivamente, alimento para espécies frugívoras de pássaros, mamíferos e para uma ampla variedade de insetos (Snow 1981, Galindo-González *et al.* 2000, Acevedo-Rodríguez 1993). Este gênero é também economicamente importante nos neotrópicos, apresentando numerosas espécies usadas para envenenar peixes – os timbós (Radlkofer 1895, Acevedo-Rodríguez 1990, Somner 2001), outras são utilizadas como materiais de construção, na preparação do curare, e poucas, como *Paullinia yoco* Schultes & Killip e *P. cupana* Kunth são fontes de um refrigerante estimulante (Beck 1990).

Apesar de poucos trabalhos com enfoque palinológico, a morfologia polínica tem se revelado uma importante ferramenta para a sistemática do grupo como pode ser constatado em estudos como os de Erdtman (1952), Merville (1965), Barros (1969), Muller & Leenhouts (1976) e Cruz (1982). Levando em consideração que muitas espécies hoje são diferenciadas pela morfologia do fruto, os atributos polínicos também agregam um potencial diagnóstico importante.

Paullinia apresenta flores unissexuadas na mesma inflorescência. As flores masculinas possuem pistilódio e as flores femininas estaminódios, semelhantes aos estames das flores masculinas, porém com anteras indeiscentes (Somner 2001). O androceu é excêntrico na flor masculina, com oito estames, filetes geralmente pubérulos a vilosos, anteras bitecas, e rimosas, com grãos de pólen tri ou ocasionalmente tetraporado. O gineceu é excêntrico, o ovário apresenta três carpelos e um óvulo por carpelo, inserido na metade basal do lóculo, de placentação axilar, três estiletos filiformes unidos e estigma trifido. Lima *et al.* (2015) observaram que em *Paullinia weimanniifolia* Mart. as anteras dos estaminódios possuem grãos de pólen semelhantes aos das flores masculinas, porém não viáveis. No entanto, isto não foi verificado em outras espécies do gênero, além disso, não há informações sobre as diferenças entre os grãos de pólen das flores masculinas e femininas.

Diante de um quadro carente no que diz respeito ao conhecimento da diversidade do gênero *Paullinia*, o presente estudo está inserido no grupo de pesquisa de Sapindaceae, cujo objetivo maior é contribuir para o conhecimento do gênero. Esse grupo é coordenado pelo Ph D Pedro Acevedo-Rodríguez (National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC) e pela Dra. Genise Vieira Somner (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)). Dessa forma, pretende-se investigar a morfologia polínica do gênero, avaliar se esta corrobora a sistemática atualmente aceita para a classificação infragenérica, e se essa estrutura poderá ser útil como marcador morfológico para sustentar clados e diferenciar táxons relacionados ou circunscrever grupos taxonômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

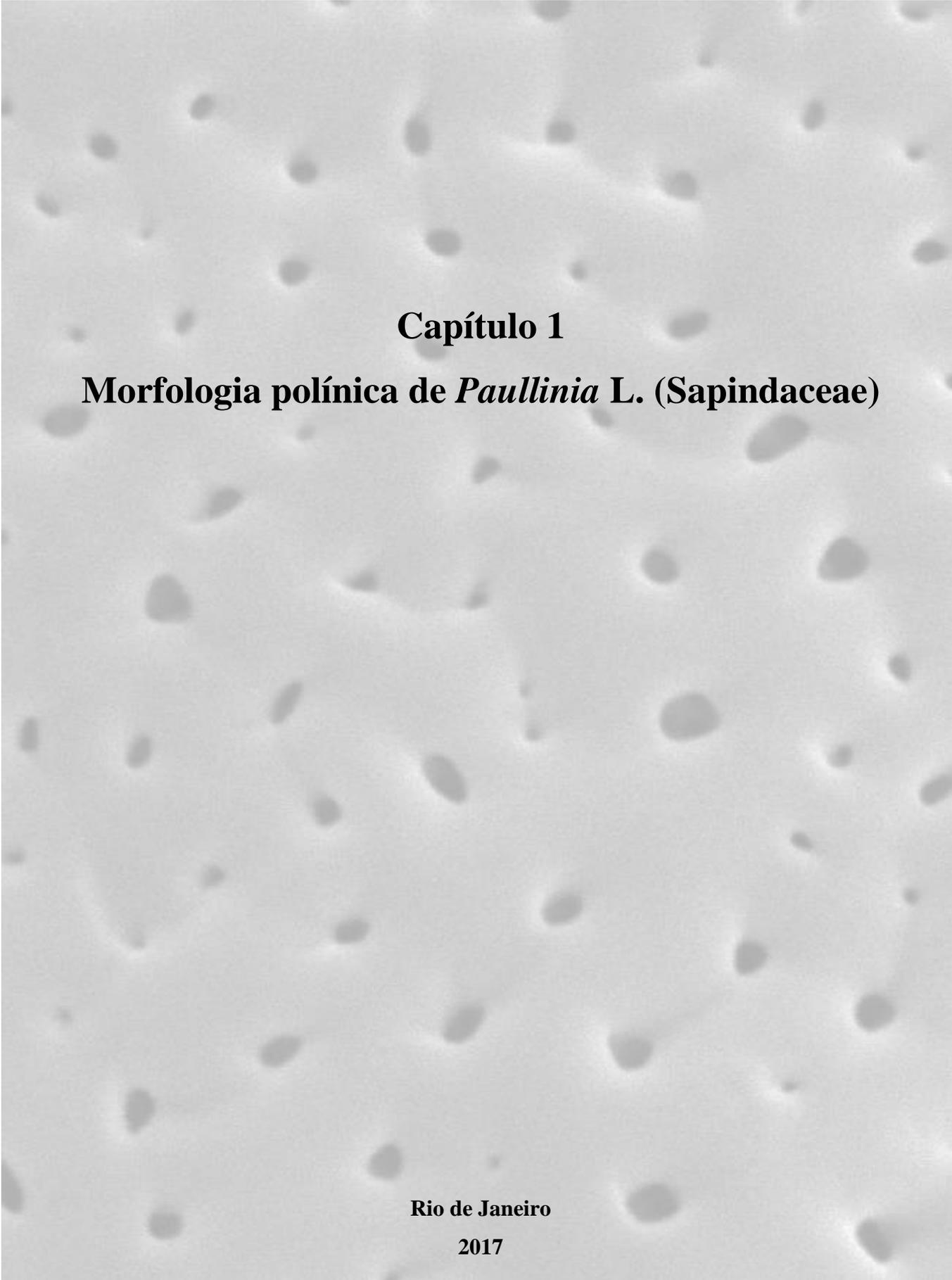
- Acevedo-Rodríguez, P. *The occurrence of piscicides and stupefactants in the plant Kingdom*. Advances in Econ. Bot. 8:1-23. 1990.
- Acevedo-Rodríguez, P. 1993. *The Systematics of Serjania. Part. I. A revision of Serjania sect. Platycoccus (Sapindaceae)*. Memoirs of the New York Botanical Garden v. 67, 96 p.
- Acevedo-Rodríguez, P. 2003. *Talisia and Melicoccus*. Flora Neotropica. v. 87: 1-179.
- Acevedo-Rodríguez, P. 2005. *Vines and climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Islands*. Contr. U.S. Natl. Herb. 51: 1-483.
- Acevedo-Rodríguez, P., Van Welsen, P.C., Adema, F. & Van Der Ham, R.M.J.M. 2011. Sapindaceae. In: *The families and Genera of Vascular Plants – Flowering Plants Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae* (K. Kubitzki, Ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011, v.10, 356-406p.
- Acevedo-Rodríguez, P. 2012. Flora of the Guianas: Sapindaceae. Series: A Phanerogams Fascicle 29. The Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 196 p.
- Acevedo-Rodríguez, P., Wurdack, K. J. M., Ferrucci, S., Johnson, G., Dias, P., Coelho, R.G., Somner, V.,G., Steinmann, W.V., Zimmer, A.E., & Strong, M.T. 2017. Generic Relationships and Classification of Tribe Paullinieae (Sapindaceae) with a New Concept of Supertribe Paullinioidae. *Systematic Botany* 42(1): pp. 96–114.
- Alexander, M.P. A. Versatile stain for pollen fungi, yeast and bacterium. *Stain Technology*, v.1, n.5, p.13-8, 1980.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group) IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linnean Soc.* 181:1-20. 2016.
- Barros, O.M. 1969. *Pólen das plantas silvestres do Ceará*. II. Município de Fortaleza – Sapindaceae. Boletim Cearense de Agronomia 10:53-58.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S. *Glossário Ilustrado de Palinologia*. Campinas: Ed. Unicamp. 75p. 1988.
- Beck, H.T. 1990. A survey of the useful species of *Paullinia* L. (Sapindaceae). *Adv. Econ. Bot.* 8: 41-56.

- Beck, H.T. 1991. *The taxonomy and economic botany of the cultivated guaraná and its wild relatives and the generic limits within the Paullinieae (Sapindaceae)*. Dissertação de Ph.D. não publicada.
- Bentham, G. & Hooker, J.D. 1862. *Genera Plantarum*, v.1. London.463p.
- Buerki, S.; Forest, F. Acevedo-Rodríguez, P.; Callmander, M.W.; Nylander, J.A.A.; Harrington, M. Samartín, I. Küpfer, P.& Alvarez, N. Plastid and nuclear markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). *Mol. Phylogenetics and Evol.* 51(2): 238-258. 2009.
- Buerki, S.; Lowry II, P.P.; Alvarez, N.; Razafimandimbison, S.G.; Küpfer, P. & Callmander, M.W. Phylogeny and circumscription of Sapindaceae revisited: molecular sequence data, morphology and biogeography support recognition of a new family, Xanthoceraceae. *Plant Ecology and evolution*: 1-12. 2010.
- Busato, G.R.; Grützmacher, A.D.; Oliveira, A.C. de; Vieira, E.A.; Zimmer, P.D.; Kopp, M.M.; Bandeira, J.M. & Magalhães, T.R. Analysis of the molecular structure and diversity of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera - Noctuidae) populations associated to the corn and rice crops in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Neotropical Entomology* 33(6): 709-716. 2004.
- Caccavari, M.A.; Naab, O.A. & Tamame, M.A. Palynological and physicochemical characteristics of three unifloral honey types from central Argentina. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(4): 566-576. 2008.
- Croat, T.B. Flora of Panama (Family 108. Sapindaceae). *Annals Missouri Botanical Garden*, 63(3): 419-540. 1976.
- Cruz, M.A.V. *Contribuição ao estudo palinológico das Sapindaceae*. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, SP.1982.
- De Candolle, A. P. 1824. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. V. Pp. 602-606.
- Erdtman, G. 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 539pp. 1952.
- Faegri, G. & Iversen, J. 1966. *Textbook of modern pollen analysis*. Copenhagen: Scandinavian University Books, 2 ed. 237p.

- Freitas, A.G. & Carvalho, M.A. Análise morfológica e inferências ecológicas de grãos de pólen e esporos (últimos ~8.000 anos) da lagoa da ferradura, Armação Dos Búzios, Rj, *Brasil. Rev. Bras. Paleontol.* 15(3):300-318, 2012.
- Galino-González, J. S. Guevara, & SOSA, V. J. Bat-and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology* 14: 1693-1703.
- Guarim Neto, G.; Santana, S. R.; Silva, J. V. B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. *Acta Botanica Brasilica*, 14(3):327-327-334. 2000.
- Haddad, A.; Sesso, A., Attias, M., Farina, M.; Meirelles, M.N.; Silveira, M.; BENCHIMOL, M.; Soares, M.J.; BARTH, O.M.; Machado, R.D.; Souto-Padrón, T & Souza, W. *Técnicas básicas de microscopia eletrônica aplicadas às Ciências Biológicas*. Sociedade Brasileira de Microscopia, Rio de Janeiro. 1998.
- Harrington, M.G. Edwards, K.J.; Johnson, S.A.; Chase, M.W. & Gadek, P.A. PHYlogenetic inference in Sapindaceae sensu lato using plastid matK and rbcL DNA sequences. *Syst. Bot.* 30(2): 366-382. 2005.
- Henderson, P.A. 2003. *Practical methods in Ecology*. Blackwell, Oxford. 163p.
- James, F. C. & Mcculloch, C. E. Multivariate Analysis in Ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box? *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 129-166. 1990.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Lellog, E.A.; Stevens, P.F. & Donogue, M.J. *Plant Systematics: a phylogenetic approach*. Ed. 3. *Sinauer Associates, Inc*: USA, 429-440p. 2008.
- Jussieu, A.L.1789. *Genera plantarum*. Herissant & Barrois, Paris.549p
- Marinho, E.B. *Palinotaxonomia dos gêneros neotropicais de Podostemaceae*. Dissertação (Mestrado) apresentada a UFRJ/MN. Rio de Janeiro (RJ), 2013.
- Mcgarigal, K.; Cushman, S. & Stafford, S. *Multivariate statistic for wildlife and ecology research*. Springer Science and Business Media, New York, 2000.
- Melhem, T.S., Cruz-Barros, M.A.V., Corrêa, A.M.S., Makino Watanabe, H., Silvestre-Capelato, M.S. & Esteves, V.L.G. Morfologia polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica*. 16: 1-104. 2003.
- Merville, M. *Le Pollen des Sapindacées D'Afrique occidentale*. *Pollen et Spores* 7 (3): 465-489. 1965.

- Muller, J. & Leenhouts, P.M. *A general survey of pollen types in Sapindaceae in relation to taxonomy*. In the evolutionary significance of the exine (Ferguson, I.K. & Muller, J. ed.). 407-445. 1976.
- Nabe-Nielsen, J. Phylogeny and distribution of lianas in a neotropical rain forest, Yasumí National Park, Ecuador. *J. Trop. Ecology* 17: 1-19. 2001.
- Pillar, V.D.; Duarte, L.D.; Sosinski, E.E. & Joner, F. Discriminating trait-convergence and trait-divergence assembly patterns in ecological community gradients. *Journal of Vegetation Science* 20(2): 334-348. 2009.
- Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Le Thomas, A. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Paleobotany and Palynology*. 143: 1-81. 2007.
- Radlkofer, L. 1895. *Monographie der Sapindaceen Gattung Paullinia*. Munich.
- Radlkofer, L. 1931. *Sapindaceae*. Pp. 1-1539. In: Engler, A. (ed.), *Das PFLANZENREICH IV*, 165 (heft 98 a-h). Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- Růžička, V. & Klimeš, L. Spider (Araneae) communities of scree slopes in the Czech Republic. *Journal of Arachnology* 33(2): 280-289. 2005.
- Sabatini, d.d.; Bensch, K. & Barnett, R.J. Cytochemistry and electron microscopy: the preservation of cellular ultrastructure and enzymatic activity by aldehyde fixation. *Journal of Cellular Biology* 17:19-58. 1963.
- Salgado-Labouriau, M. L. *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. 1973.
- Salgado-Labouriau, M.L.; Vanzolini, P.E. & Melhem, T.S. Variation of polar axes and equatorial diameters in pollen grains of two species of Cassia, *Grana Palynologica*. 6: 66-176. 1965.
- Snow, D. W. 1981. *Tropical frugivorous birds and their food plants: A Word survey*. *Biotropica* 213: 1-14.
- Soltis, D.E. Soltis, P.S.; Endress, P.K. & Chase, M.W. *Phylogeny and Evolution of Angiosperms*. Washington: Smithsonian Books. 370p. 2005.
- Somner, G. V. *Paullinia* L. (Sapindaceae): morfologia, taxonomia e revisão de *Paullinia sect. Phygoptilon*, 275 p. *Tese de Doutorado não publicada*. Universidade de São Paulo, Brasil. 2001.

- Somner, G. V., Ferrucci, M. S. & Acevedo-Rodríguez. Sapindaceae. In: Forzza, R.C. *et al.* 2010. Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. 2010.
- Souza, C.Z. & Lorenzi, H. 2005. *Botânica Sistemática – Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 640p.
- Stevens, P.F. Versão 9, Junho 2008. Angiosperm Phylogeny Website. Disponível em [HTTP://www.mobot.org/MOBOT/research/APWeb/](http://www.mobot.org/MOBOT/research/APWeb/). Acessado em 05.06. 2013.
- Trindade, J.P.P.; DE QUADROS, F.L.F. & PILLAR, V.D. Grassland vegetation of sandy patches of Rio Grande do Sul under grazing and exclosure. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43(6): 771-779. 2008.

A grayscale micrograph showing numerous pollen grains of Paullinia L. The grains are roughly circular to oval in shape, with a distinct, darker outer wall and a lighter, more granular inner structure. They are scattered across the field of view.

Capítulo 1
Morfologia polínica de *Paullinia* L. (Sapindaceae)

Rio de Janeiro
2017

Morfologia polínica de *Paullinia* L. (Sapindaceae)

Elysiane de Barros Marinho

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço EstevesDr^a. Genise Vieira Somner**Resumo**

Paullinia é o segundo gênero com maior número de espécies da família Sapindaceae apresentando cerca de 200 espécies. Seus representantes são lianas geralmente vigorosas, que vivem preferencialmente em florestas úmidas. Grãos de pólen de flores masculinas e femininas de *Paullinia* L. (Sapindaceae) foram analisados com o objetivo de investigar a morfologia polínica na classificação infragenérica e a viabilidade polínica nas flores femininas. Grãos de pólen foram acetolisados, analisados, medidos, descritos e fotomicrografados, e grãos de pólen não acetolisados foram analisados por meio de microscopia eletrônica de varredura. Os grãos de pólen não acetolisados das flores femininas foram submetidos ao teste de viabilidade com carmin acético. Todas as espécies apresentaram grãos de pólen em mônades com âmbito triangular ou quadrangular, isopolares, subisopolares ou heteropolares, podendo variar entre médios ou grandes, oblatos ou suboblatos, 3-porados ou 3-4-porados, microrreticulados com perfurações ou grânulos. Nas flores femininas *P. elongata* mostrou grãos de pólen sem conteúdo citoplasmático, enquanto que outras espécies tiveram grãos de pólen com conteúdo citoplasmático. Os diferentes métodos analíticos utilizados evidenciaram que a morfologia polínica é informativa na delimitação de agrupamentos no gênero, a partir da similaridade entre os caracteres polínicos. Estes resultados mostraram uma forte tendência a formar novos agrupamentos a partir de tipos polínicos que contribuem para a taxonomia, uma vez que a classificação em *Paullinia* é baseada em seções artificiais e estudos sistemáticos moleculares envolvendo *Paullinia* ainda não existem. A morfologia polínica aqui estudada contribui para um melhor conhecimento das espécies para auxiliar na taxonomia do gênero *Paullinia*.

Palavras-chave: Viabilidade polínica, Palinologia, Paullinieae

Pollen morphology of *Paullinia* L. (Sapindaceae)

Elysiane de Barros Marinho

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço EstevesDr^a. Genise Vieira Somner**Abstract**

Paullinia is the second genus with the highest number of Sapindaceae family species with about 200 species. Their representatives are usually vigorous climber, preferably living in rainforests. Pollen grains of male and female flowers of *Paullinia* L. (Sapindaceae) were analyzed in order to investigate the pollen grains morphology in the classification infrageneric and pollen viability in female flowers. Pollen grains were acetolysed, analyzed, measured, described and photomicrographed, and pollen grains not acetolysed were analyzed by scanning electron microscopy. Pollen grains not acetolysed of female flowers were submitted to the viability test with acetic carmine. All species presented pollen grains in monads with triangular framework, isopolar, subisopolar or heteropolar and varying between medium to large, oblate or suboblate, 3-porate or 3-4-porate, microreticulate with perforations or granules. In the female flowers *P. elongata* showed pollen grains without cytoplasmic content, while other species have pollen grains with cytoplasmic content. Different analytical methods used showed that the pollen morphology is informative in defining groups in the genus, from the similarity between the pollen characters. These results show a strong tendency to form new groupings from pollen types that help to taxonomy, since the classification in *Paullinia* is based on artificial sections, and molecular systematic studies involving *Paullinia* are not yet exist. The pollen morphology studied here contributes to a better knowledge of the species to assist in the taxonomy of the genus *Paullinia*.

Keywords: Female flowers, Palinology, Paullinieae

1. Introdução

A classificação atual de *Paullinia* é baseada na monografia de Radlkofer de 1895, com subsequentes modificações e adições feitas pelo autor em 1931 na qual incluiu novas espécies de *Paullinia* para compor a revisão da família Sapindaceae, quando apenas 147 espécies eram conhecidas. O conceito de taxonomia utilizado pelo autor é uma extensão da classificação de 1824 de De Candolle, portanto, faltando uma abordagem evolutiva. A classificação de Radlkofer (1895), que é a utilizada no presente estudo, é, predominantemente, baseada na anatomia e morfologia do fruto, onde 13 seções foram reconhecidas, listadas a seguir.

Quadro 1. Lista das 13 seções de *Paullinia* estabelecidas por Radlkofer (1895) e número de espécies descritas para cada seção.

Seções	Nº de espécies
Sect. I. <i>Neurotoechus</i>	22
Sect. II. <i>Diphtherotoechus</i>	6
Sect. III. <i>Pleurotoechus</i>	22
Sect. IV. <i>Pachytoechus</i>	9
Sect. V. <i>Enourea</i>	8
Sect. VI. <i>Castanella</i>	3
Sect. VII. <i>Xyloptilon</i>	3
Sect. VIII. <i>Neuroptilon</i>	2
Sect. IX. <i>Cryptoptilon</i>	1
Sect. X. <i>Anisoptilon</i>	3
Sect. XI. <i>Isoptilon</i>	3
Sect. XII. <i>Caloptilon</i>	23
Sect. XIII. <i>Phygoptilon</i>	12

Em 1991, Beck em sua tese de doutorado, revisou a classificação subgenérica de *Paullinia* e propôs modificações na classificação de Radlkofer (1895), substituindo 13 seções por cinco gêneros. A classificação de Beck (1991) não tem sido adotada, pois ele nunca demonstrou que os gêneros propostos formavam grupos monofiléticos, nem formalmente publicou ou validou estas mudanças. Seus “gêneros” realmente parecem formar grupos coerentes, mais facilmente definidos que as seções de Radlkofer (1895), mas se os grupos de Beck são naturais (isto é, monofiléticos) ou não, ainda não foi estabelecido.

Em 2001, Somner, em sua tese de doutorado, revisou a classificação infragenérica de *Paullinia* utilizando filogenia morfológica. Neste estudo foram selecionados 32 táxons, representantes das 13 seções e elaborada uma lista com 43 caracteres morfológicos. Equívocos na seleção de alguns estados de caracteres levaram à sobreposição dos mesmos,

gerando resultados insatisfatórios na análise filogenética. Neste trabalho apenas uma seção se mostrou monofilética, *Phygoptilon*, e foi revisada, porém não foi possível concluir sobre a classificação infragenérica de *Paullinia*.

Novas contribuições têm sido feitas aumentando o número de espécies de *Paullinia*, como por exemplo, a de Acevedo-Rodríguez (2012) que, ao estudar a Flora das Guianas registrou para *Paullinia* 38 espécies (tanto novas quanto novas ocorrências).

Até o momento ainda não existe trabalho de sistemática molecular envolvendo *Paullinia*. Um dos principais impedimentos é a não disponibilidade de material de herbário para sequenciamento, sendo necessária a coleta de material fresco, em sílica gel (Acevedo-Rodríguez, 2003). Além disso, a maioria das espécies que precisam ser conhecidas e coletadas ocorre na região amazônica. Atualmente, estudos taxonômicos (moleculares e morfológicos) das espécies de *Paullinia* estão sendo realizados pelo grupo de pesquisa em que este projeto está vinculado, visando elaborar uma nova classificação infragenérica.

1.1 Palinologia nas flores masculinas de *Paullinia*

Pelo fato do grão de pólen ser uma estrutura relativamente protegida nas anteras, está menos vulnerável a variações morfológicas por pressões ambientais. Por essa razão, a morfologia polínica emerge como uma potencial fonte de informação na resolução de problemas taxonômicos (Merville, 1965; Muller & Leenhouts, 1976, Cruz 1982). A análise dos atributos polínicos pode fornecer informações fundamentais sobre dados morfológicos para reavaliar a classificação infragenérica. A taxonomia atual do grupo necessita de um aprofundamento maior no que concerne ao conhecimento palinológico de espécies das diferentes seções de *Paullinia*.

Nos últimos 100 anos, diversos trabalhos foram realizados documentando a diversidade morfológica de *Paullinia*. No entanto, há ainda muito por fazer, pois numerosas espécies ainda não foram descritas palinologicamente e vários espécimes não foram identificados nos principais herbários do mundo. A compreensão da diversidade e taxonomia de *Paullinia* é muito deficiente, especificamente se considerar que numerosas espécies são conhecidas apenas por seus tipos ou quando muito, através de pequenas coleções. E, no que se refere à palinologia, como mostram as informações contidas na introdução deste, há uma quantidade ainda menor de estudos, que são pontuais e esparsos, porém indicam que a diversidade polínica tem potencial para oferecer subsídios aos estudos taxonômicos importantes na sistemática deste gênero.

Alguns estudos palinológicos já foram realizados com o gênero *Paullinia*: Erdtman (1952) que estudou 12 gêneros de Sapindaceae, entre eles três espécies de *Paullinia*; Merville (1965) classificou a família em sete tipos polínicos, dentre eles, o tipo *Paullinia*; Barros (1969) em um levantamento palinológico de plantas silvestres do Ceará estudou três espécies de Sapindaceae, sendo uma delas pertencente ao gênero *Paullinia*; Muller & Leenhouts (1976) estudaram as Sapindaceae classificando-as em 12 tipos polínicos baseados no sistema de aberturas dos grãos de pólen, descreveram, dentre outros, o gênero *Paullinia*; Croat (1976) considerou a morfologia polínica de *Paullinia* e *Serjania* como importante caráter diagnóstico na diferenciação dos gêneros uma vez que em *Paullinia* os grãos de pólen são porados e *Serjania*, colporados; Cruz (1982) estudou 18 espécies de Sapindaceae pertencentes a seis gêneros, incluindo duas espécies de *Paullinia* (*P. carpopoda* Camb. e *P. trigonia* Vell.). Os resultados mostraram que em *P. carpopoda* os grãos de pólen das flores masculinas são maiores que o das flores femininas e em *P. trigonia* não há diferença de tamanho. Ferrucci & Anzotegui (1993) ao estudar representantes da tribo Paullinieae analisaram grãos de pólen de três espécies de *Paullinia*, sendo elas *P. elegans*, *P. mellifolia* e *P. pinnata*. Acevedo-Rodriguez (1998) descreveu os grãos de pólen de *P. lingulata*, espécie nova para a Guiana Francesa. Somner (2001) em sua revisão taxonômica estudou 22 espécies de *Paullinia* da seção *Phygoptilon*, das quais analisou o tipo e número de aberturas e registrou em microscopia eletrônica de varredura (MEV) a variação 3-4 porados para as espécies *P. fuscescens*, *P. pinnata* e *P. rubiginosa*. Perdiz *et al.* (2012) analisaram e ilustraram os grãos de pólen de uma nova espécie de *Paullinia* da Floresta Atlântica do sul da Bahia, *P. unifoliolata*.

Freitas & Carvalho (2012), em estudos morfológicos de inferência ecológica, analisaram grãos de pólen de três espécies de Sapindaceae sendo uma delas do gênero *Paullinia* encontradas em sedimentos na Lagoa da Ferradura, Búzios-RJ, estando estas espécies relacionadas à restinga.

De acordo com levantamento bibliográfico, apesar do número reduzido de espécies analisadas do gênero *Paullinia*, pode-se observar que os grãos de pólen mostraram ser ferramentas taxonômicas úteis na delimitação dos táxons na família. Portanto, a problemática existente na classificação do gênero foi o fator preponderante para a idealização deste estudo palinológico, pois ainda não há um consenso para a taxonomia de *Paullinia*.

Logo, o principal questionamento que se pretende esclarecer no presente estudo é se a palinologia oferece subsídios à delimitação infragenérica de *Paullinia*.

1.2 Palinologia nas flores femininas de *Paullinia*

A maioria das espécies de Paullinieae é caracterizada por flores zigomorfas altamente elaboradas com estruturas relacionadas à sinalização, proteção e manutenção da qualidade do néctar (Endress & Matthews 2006). As flores apresentam androceu e gineceu excêntricos, as masculinas (estaminadas) possuem estames funcionais exertos, oito estames, filetes pubérgulos a vilosos, anteras bitecas, e rimosas, com grãos de pólen tri ou tetraporado e um pistilódio. As flores femininas (pistiladas) apresentam estaminódios, com anteras indeiscentes ovário com três carpelos e um óvulo por carpelo, inserido na metade basal do lóculo, três estiletos filiformes unidos até o ápice, estigma trifido, placentação axilar. Os estaminódios apresentam anteras com morfologia similar aos estames funcionais (Ferrucci 1991, Somner 2001).

No que se referem aos aspectos da biologia floral de Sapindaceae, estudos destacam a complexidade das flores serem pequenas e do seu sistema aparentemente bissexual com funcionalidade unissexual, frequentemente descrita como poligâmica. Os autores apontam a necessidade de mais investigações sobre a biologia floral e polinização neste grupo diante da grande diversidade na expressão sexual (Lloyd e Webb 1986; Verdú e Gleiser 2005; Renner *et al.* 2007; Acevedo-Rodriguez *et al.* 2010, Lima *et al.* 2015).

Estudos sobre a expressão sexual em Sapindaceae relatam a capacidade dos indivíduos reverterem sua alocação sexual dependendo das interações ambientais (Lloyd e Webb 1986; Verdú e Gleiser 2005; Renner *et al.* 2007; Lima 2015). Todas as espécies de lianas em Sapindaceae são monóicas, embora a expressão sexual e a distribuição de dicogamia, heterodicogamia, duodicogamia no grupo ainda é pouco conhecida (Lima et al 2015).

Em Paullinieae os polimorfismos temporais e expressão sexual são pouco conhecidos. Lima et al (2015) estudaram florações duodicogâmicas de *Paullinia weinmanniifolia* na restinga de Maricá no Rio de Janeiro. Esse estudo mostrou que em flores de *P. weinmanniifolia*, embora tenham tirsos com botões dos dois sexos, as flores femininas e as masculinas em antese nunca foram encontradas simultaneamente no mesmo tirso ou na mesma sinflorescência. No entanto, os dois morfos sobrepostos, embora raramente, foram encontrados em ramos do mesmo indivíduo. Sendo assim, as autoras concluíram que a sincronia sexual é evidente dentro do tirso e das sinflorescências. Este padrão de floração maximiza o nível de polinização cruzada, uma vez que a distribuição temporal de flores masculinas e femininas na mesma planta é exato o bastante para a espécie a ser considerada como obrigatoriamente xenógama.

No que diz respeito à viabilidade polínica dos grãos de pólen dos estaminódios das flores femininas em Sapindaceae é pouco conhecida. Em *Paullinia*, segundo Lima *et al.* (2015) em *P. weinmanniifolia* os estaminódios indeiscentes das flores femininas são muito semelhantes aos estames de flores masculinas, incluindo a produção de grãos de pólen, que são 100% estéreis. Estudos relacionados à função dos grãos de pólen de flores femininas em *Tina striata* Radlk. foram descritos por Vary *et al.* (2011). Neste caso, os autores encontraram uma perda de função com base na redução da capacidade de germinar e potencial para fertilizar óvulos.

Nesse aspecto, faz-se necessário investigar se a inviabilidade polínica dos grãos de pólen mantidos nos estaminódios, como aqueles registrados em *P. weinmanniifolia*, é uma característica do gênero *Paullinia*. Apesar das anteras serem indeiscentes e possuírem grãos de pólen, estudos sobre a viabilidade dos mesmos para as demais espécies do gênero é ainda desconhecida. Segundo Lima *et al.* (2015) estudos palinológicos incluindo a análise da viabilidade de grãos de pólen de flores femininas de espécies Sapindaceae podem contribuir para elucidar a evolução dos sistemas sexuais no grupo.

Desse modo, o presente estudo tem como objetivo analisar os grãos de pólen das flores funcionalmente masculinas (1.1) e caracterizar a estrutura dos grãos de pólen das flores femininas de *Paullinia* (1.2), a fim de ampliar o conhecimento das estratégias sexuais na família Sapindaceae.

2. Material e Métodos

2.1. Seleção das espécies

As espécies representativas do gênero *Paullinia* foram selecionadas e analisadas, com base na classificação proposta por Radkolfer (1931). A escolha dos táxons foi subsidiada pelos taxonomistas do grupo a fim de estabelecer o conjunto de espécies representantes de cada seção (Quadro 2).

As flores femininas foram analisadas, sempre que disponível, com o objetivo de verificar a morfologia dos grãos de pólen dos estaminódios e se eles eram viáveis.

Quadro 2. Lista das 13 seções de *Paullinia* estabelecidas por Radlkofer (1895), número de espécies descritas para cada seção e número de espécies analisadas:

Seções	Nº de espécies na seção	Nº de espécies analisadas
Sect. I. <i>Neurotoechus</i>	22	9
Sect. II. <i>Diphtherotoechus</i>	6	4
Sect. III. <i>Pleurotoechus</i>	22	9
Sect. IV. <i>Pachytoechus</i>	9	5
Sect. V. <i>Enourea</i>	8	3
Sect. VI. <i>Castanella</i>	4	4
Sect. VII. <i>Xyloptilon</i>	3	1
Sect. VIII. <i>Neuroptilon</i>	2	1
Sect. IX. <i>Cryptoptilon</i>	1	1
Sect. X. <i>Anisoptilon</i>	3	1
Sect. XI. <i>Isoptilon</i>	3	2
Sect. XII. <i>Caloptilon</i>	23	9
Sect. XIII. <i>Phygoptilon</i>	12	11

2.2. Viabilidade polínica nas flores femininas

Os grãos de pólen retirados das flores femininas de 18 espécies de *Paullinia*, a saber: *P. alata* (Ruiz & Pav.) G. Don, *P. caloptera* Radlk., *P. carpopoda* Cambess. *P. cearensis* Somner & Ferrucci, *P. coriacea* Casar., *P. cupana* Kunth, *P. elegans* Cambess., *P. elongata* Radlk., *P. fusiformis* Radlk., *P. ingifolia* Rich. ex Juss., *P. mellifolia* Juss., *P. pinnata* L., (*P. revoluta* Radlk., *P. rugosa* Benth. ex Radlk., *P. seminuda* Radlk., *P. thalictrifolia* Radlk., *P. trigonia* Vell, *P. weinmanniifolia* Mart (Anexo I).

Foram submetidos a uma análise de viabilidade através do método de carmim acético de Marks (1954, *apud* Dickison & Bell 1974) visando relacionar o heteromorfismo floral com a viabilidade dos grãos de pólen. A técnica baseia-se na coloração do citoplasma dos grãos de pólen. Os grãos de pólen viáveis absorvem o carmim acético apresentando uma coloração purpúrea e naqueles não viáveis, o protoplasma está ausente ou em quantidade muito baixa, ficando transparentes por não absorverem o corante.

Para o teste de viabilidade foram utilizadas anteras provenientes de material herborizado, as quais foram mantidas por uma hora em ácido acético glacial para a fixação das características naturais e, posteriormente, para retirada dos grãos de pólen, foram dissecadas em uma lâmina com uma gota do carmim acético. A partir dessa preparação foram contados aleatoriamente 100 grãos de pólen e calculada a porcentagem (Gasparino 2006).

2.3. Análise das anteras das flores femininas

As anteras dos estaminódios foram analisadas a fim de verificar se são indeiscentes. Para cada espécime analisado foram mensuradas 20 anteras, com auxílio de um paquímetro, obtidas de 10-20 flores diferentes do mesmo indivíduo. Para análise e eletromicrografias em microscópio eletrônico de varredura (MEV), as anteras foram posicionadas sobre suportes recobertos por fita de carbono (Melhem *et al.* 2003). O conjunto foi metalizado com uma camada de ouro puro por ca. 3 minutos sendo, posteriormente, analisado em aparelho JEOL JSM 6390 LV do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Invertebrados do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

2.4. Análise Polínica

O material polínico foi obtido a partir de anteras férteis de flores em antese e/ou em pré-antese de botões masculinos e femininos de *Paullinia*, provenientes de exsicatas depositadas nos herbários INPA, R, RBR e US. Para cada espécie estudada foi selecionado um espécime considerado "padrão", indicado por asterisco (*) anteposto aos dados do coletor. Para o material analisado das flores femininas há uma indicação do símbolo feminino (♀) anteposto aos dados do coletor. Estes materiais indicados por símbolo, tanto para as flores masculinas e flores femininas foram utilizados para a realização das descrições e ilustrações. Sempre que possível procurou-se estudar até dois espécimes de cada espécie, denominado "material de comparação" com a finalidade de se estabelecer a variação morfométrica dos espécimes. O material padrão analisado foi identificado por especialista da família.

A terminologia adotada foi a de Punt *et al.* (2007) levando-se em consideração o tamanho, a forma, o número de aberturas e o padrão de ornamentação da sexina. A denominação da área polar e do tamanho da abertura estão de acordo com a classificação estabelecida por Faegri & Iversen (1966) para o índice da área polar.

Para a realização do estudo em microscopia de luz, o material foi processado segundo o método da acetólise estabelecida por Erdtman (1952) e modificações por Melhem *et al.* (2003): para evitar a deformação das unidades polínicas, a lamínula foi apoiada sobre quatro esferas de massa de modelagem com aproximadamente 2 mm de diâmetro; para uma melhor focalização, sob microscopia, especialmente em grandes aumentos, após a parafina preencher

todo o espaço da lamínula, a lâmina foi virada sobre um papel de filtro com a lamínula voltada para baixo.

Os grãos de pólen acetolisados foram medidos até sete dias após sua preparação (Salgado-Labouriau 1973). As medidas foram feitas em microscópio de luz com oculares nos aumentos de 40 X e 100 X. As lâminas utilizadas no estudo foram depositadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia Álvaro Xavier Moreira, no Departamento de Botânica do Museu Nacional/UFRJ.

Do material padrão foram mensuradas em vistas polar, tomados aleatoriamente, 25 medidas do diâmetro equatorial em vista polar (DEVP) e lado do apoporo (LA) e 10 medidas dos diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) em vista equatorial. Foram estabelecidas as medidas em vista polar para os cálculos das análises estatísticas (\bar{x}), o desvio padrão da amostra (s), o desvio padrão da média (s_x) e o intervalo de confiança a 95% (I.C), uma vez que os grãos de pólen de *Paullinia* caem preferencialmente em vista polar na lâmina. Para cada espécie, foram realizadas dez medidas da abertura, da espessura da exina e dos diâmetros dos grãos de pólen do “material de comparação”. A medida da exina foi feita sempre na região mediana do mesoporo com o grão de pólen em vista polar. De cada espécime foram mensurados os grãos de pólen em um mínimo de três lâminas permanentes para uniformizar a amostra (Salgado-Labouriau *et al.* 1965), as mensurações estão de acordo com o estabelecido por Erdtman (1952) e modificações propostas por Melhem *et al.* (2003).

Os resultados do tratamento estatístico foram expressos em forma de tabelas. O desvio padrão da amostra bem como o coeficiente de variabilidade foi calculado para fins de confirmação dos resultados, mas não estão expressos nas tabelas.

As fotomicrografias dos grãos de pólen em microscopia de luz foram realizadas com auxílio de câmera digital Canon Power Shot G6 acoplada ao microscópio Zeiss Axiostar Plus, nas objetivas de 40X e 100X.

As ilustrações representam os grãos de pólen em vista polar e equatorial, detalhando a ornamentação da sexina e, sempre que possível as aberturas.

2.5. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV), as anteras foram maceradas e os grãos de pólen, não acetolisados, pulverizados sobre suportes recobertos por fita de carbono (Melhem *et al.* 2003). O conjunto foi metalizado com uma camada de ouro

puro por ca. três minutos sendo, posteriormente, analisado em aparelho JEOL JSM 6390 LV do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Invertebrados do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

3. Análise multivariada dos dados

Métodos multivariados de análise de dados oferecem um modo de estudar a variação conjunta de dados correlacionados dos agrupamentos a serem formados (James & McCulloch, 1990) e, por isso, foram empregados para analisar os caracteres polínicos das espécies analisadas. As análises de agrupamentos permitem revelar grupos independentemente de serem nítidos ou robustos. Para definir um nível de partição de grupos adequado é necessário testar a nitidez dos grupos formados. Para tanto, foram aplicados testes de análise de Cluster (AHC) com o algoritmo de grupos pareados (Paired-group) e análise de componente principal (PCA) por meio da matriz de variância e covariância (var-cov).

Foram construídas matrizes de espécies de *Paullinia* por atributos polínicos quantitativos (variáveis métricas): Diâmetro Polar (DP), Diâmetro equatorial (DE), Diâmetro do Poro (D1), Espessura do ânulo, exina, diâmetro equatorial em vista polar (DEVP), lado do apoporo (LA), forma (P/E), área polar (IAP); e qualitativos (variáveis categóricas): costa e 3-4 poros. Os dados qualitativos foram expressos na matriz, levando em consideração a presença ou ausência dos referidos caracteres, através de numerações: (1) para caracteres presentes ou (zero) para caracteres ausentes. Essas matrizes foram submetidas à análise exploratória dos dados no software PC-ORD Versão 5.31 (McCune & Mefford 2006). Para melhor organização dos dados, o nome das espécies foi abreviado com as primeiras três/quatro letras dos epítetos específicos.

Foram retiradas da matriz as variáveis categóricas (forma, tamanho dos grãos de pólen e área polar) que apresentam variáveis mensuráveis correspondentes (P/E, DP, DE e IAP), a fim de evitar ambiguidades de caracteres e minimizar possíveis erros ou polarização dos dados. Mantiveram-se nesse caso as variáveis quantitativas para a exploração dos dados nos métodos analíticos utilizados.

Foi realizada a análise de agrupamento (Cluster –AHC) com o objetivo de classificar as espécies analisadas de *Paullinia*, em grupos que compartilham (similaridade) as mesmas características baseadas no conjunto de variáveis polínicas. Na análise de Cluster (AHC) foi construído um dendrograma com o algoritmo de grupos pareados (Paired-group) mensurados com a distância “Euclidean” e o método de *linkagem* “Ward’s”, o corte da porcentagem de

informação remanescente (Marinho *et al.* 2014) utilizado como medida de similaridade entre as espécies foi de 50%.

Para a ordenação das variáveis foi realizada a análise de componente principal (PCA) por meio da matriz de variância e covariância (var-cov), obtida a partir da média dos dados morfométricos na análise palinológica que foram transformadas pela raiz quadrada 0.5 para uniformização dos dados. Os dois primeiros eixos da variância total dos dados foram considerados para o conjunto de dados com mais de 20 espécies, como recomendado por Henderson (2003), desde que os dois primeiros eixos acumulem mais de 30% da variância. Estes valores têm sido uma convenção adotada pelo Laboratório de Palinologia Álvaro Xavier do Museu Nacional –UFRJ, para a análise multivariada em estudos palinológicos, a fim de estabelecer os valores de limite aceitáveis nas análises morfológicas quali-quantitativas dos grãos de pólen (Carrijo *et al.* 2013; Marinho *et al.* 2014; Mezzonato-Pires *et al.* 2015). Os valores dos vetores em cada eixo e o total da variância cumulativa são representados em tabelas, assim como a matriz de caracteres. Para melhor visualização das espécies distribuídas em suas seções no gráfico foram atribuídas cores nos símbolos das espécies com o auxílio do programa Paint. (2009).

3. RESULTADOS

3.1 Descrição polínica das flores masculinas

A descrição das espécies está organizada de acordo com as seções representadas seguindo os caracteres polínicos: tamanho, polaridade, unidade de dispersão, forma, tipo e número de abertura, área polar e padrão de ornamentação da sexina. Foram analisados, os grãos de pólen de 160 espécimes, totalizando 61 espécies do gênero *Paullinia* representando as 13 seções propostas por Radlkofer (1895) (Quadro 2).

3.1.1 Seção I. *Neurotoechus*

Espécies estudadas:

P. alata (Ruiz & Pav.) G. Don (Fig.1 A-C)

P. bracteosa Radlk. (Fig. 1 D-E)

P. clavigera Schltld. (Fig. 1 F-I)

P. cururu L. (Fig. 1 J-L)

P. elegans Cambess. (Fig 2 A- B)

P. imberbis Radlk. (Fig 2 C)

P. pinnata L. (Fig 2 D)

P. rhizanta Poepp. & Endl. (Fig 2 E-H)

P. spicata Benth. (Fig 2 I-L)

3.1.1.2 Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma – Grãos de pólen médios variando entre 35,0–48,8 μm no diâmetro equatorial (DE) (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, heteropolares em *Paullinia alata* (Fig. 1 B), isopolares nas demais espécies (Fig. 1 E, I, L). A forma variou entre suboblata em *P. alata* e *P. imberbis*, sendo oblata nas demais espécies (Tab. 1).

3.1.1.3 Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados (Fig. 1 A, D, J) exceto em *Paullinia clavigera* e *P. spicata* que apresentaram também grãos de pólen 4-porados em 20% das amostras (Fig. 1 H, 2 K). Poros com diâmetro entre 5,0 x 6,0 μm a 11,0 x 12,0 μm (Tab. 3), membrana ornamentada (Fig 1. I, L), com ânulo (1,0-2,0 μm) em todas as espécies e presença

de costa em *P. bracteosa*, *P. cururu*, *P. pinnata*, *P. rhizanta*, *P. spicata* (Fig 2. D). Área polar grande em *P. bracteosa* ou muito grande nas demais espécies (Tab. 2) e âmbito triangular (Fig. 1. A, D, F, J, K) ou quadrangular em *P. clavigera*, *P. pinnata* e *P. spicata* (Fig. 1 H, 3K)

3.1.1.4 Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 1,0-3,0 μm ; nexina mais espessa que a sexina em *P. bracteosa* e nexina tão espessa quanto à sexina nas demais espécies (Tab. 2). O tipo de ornamentação da sexina em *P. alata* é perfurada com grânulos na região do mesoporo (Fig. 1 C), em *P. sipicata* é escabrada com perfurações (Fig 2 L), as demais espécies apresentam sexina perfurada. A ornamentação das espécies desta seção é de difícil visualização sob microscopia de luz, sendo melhor diferenciada sob microscopia eletrônica de varredura.

3.1.2 Seção II. *Diphtherotoechus*

Espécies estudadas:

P. castaneifolia Radlk. (Fig. 3 A)

P. rubiginosa Cambess. (Fig. 3 B-E)

P. seminuda Radlk. (Fig. 3 F-J)

P. stipularis Benth. ex Radlk. (Fig 3. H-I)

3.1.2.1 Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma – Grãos de pólen médios variando entre 35,3-50,0 μm em diâmetro equatorial (DE) (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, isopolares (Fig. 3 D, L) e forma oblata (Tab. 1).

3.1.2.2 Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados em todas as espécies. Poros com diâmetro entre 9,0 x 11,0 μm e 10,0 x 11,0 μm (Tab. 3), com membrana ornamentada (Fig.3 I), com ânulo (2,0-3,0 μm) em todas as espécies. Presença de costa (Fig. 3 A) na maioria das espécies, exceto em *P. stipularis*. Área polar muito grande, âmbito triangular (Fig. 3 A, B, F, H) (Tab. 2).

3.1.2.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 1,0-2,5 μm ; nexina mais espessa que a sexina em *P. seminuda* e nexina tão espessa quanto à sexina nas demais espécies (Tab. 2). Padrão de ornamentação da sexina é perfurado em todas as

espécies (Fig. 3 B, G, J). A ornamentação é de difícil visualização sob microscopia de luz, sendo possível identificar apenas sob microscopia eletrônica de varredura.

3.1.3 Seção III. *Pleurotoechus*

Espécies estudadas:

P. cearensis Somner & Ferrucci (Fig 4 A-B)

P. costaricensis Radlk. (Fig. 4 C)

P. cupana Kunth (Fig. 4 D-F)

P. ferruginea Casar. (Fig. 4 G)

P. fusiformis Radlk. (Fig. 4 H-I)

P. jamaicensis Macfad. (Fig.4 J-L)

P. latifolia Benth. ex Radlk. (Fig. 5 A)

P. rugosa Benth. ex Radlk. (Fig. 5 B-G)

P. subcordata Benth. ex Radlk. (Fig. 6 H-I)

3.1.3.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma- - Grãos de pólen grande em *P. cupana* e *P. rugosa*, e médio nas demais espécies, variando entre 31,0-55,0 µm em diâmetro equatorial (DE) (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, heteropolares em *P. rugosa* e *P. subcordata* (Fig. 5 F, I), isopolares nas demais espécies (Fig. 4 B, F, I, L). Grãos de pólen das espécies desta seção são oblatos.

3.1.3.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-4 porados em *P. cupana* e 3-porado nas demais espécies. Poros com diâmetro 6,0 x 5,0 µm e 11,0 x 12,0 µm (Tab. 3) com ânulo ornamentado medindo 2,0-3,0 µm. Presença de costa em *P. costaricensis*. Área polar grande em *P. fusiformis* e muito grande nas demais espécies, âmbito triangular ou quadrangular (Fig. 4 A, E). (Tab. 2 e 4)

3.1.3.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 1,5-2,0 µm; nexina mais espessa que a sexina em *P. cearensis* e nexina tão espessa quanto à sexina nas demais espécies (Tab. 2). Padrão de ornamentação da sexina é escabrado com perfurações na maioria das espécies e perfurado em *P. latifolia*, *P. rugosa* e *P. subcordata*. A ornamentação das espécies desta seção é de fácil visualização sob microscopia de luz em *P.*

cupana, *P. fusiformis* e *P. latifolia*. Nas demais espécies só é possível observar a ornamentação sob microscopia eletrônica de varredura.

3.1.4 Seção IV. *Pachytoechus*

Espécies estudadas:

P. bicorniculata Somner (Fig. 5 J-L)

P. carpopoda Cambess. (Fig. 6 A-D)

P. ingifolia Rich. ex Juss. (Fig. 6 E-F)

P. marginata Casar. (Fig. 6 G)

P. platymisca Radlk. (Fig. 6 H-J)

3.1.4.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma - Grãos de pólen médios variando entre 35,0-42,5 μm em diâmetro equatorial (DE). (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, subisopolar em *Paullinia carpopoda* e *P. platymisca* (Fig. 6 D, I), isopolares em *P. bicorniculata*, *P. ingifolia* e *Paullinia marginata* (Fig. 6 F). Os grãos de pólen das espécies desta seção apresentam a forma oblata (Tab.1).

3.1.4.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-4 porados em *P. bicorniculata* (Fig. 6 L) e 3-porados nas demais espécies (Fig 7. A, E, G, H). Poros com diâmetro entre 6,0 x 8,0 μm e 10,0 x 11,0 μm (Tab.3), membrana ornamentada, com ânulo (1,0-2,0 μm) (Fig. 6D). Área polar muito grande, e âmbito triangular (Fig. 6A) ou quadrangular (Fig. 6L). (Tab. 2)

3.1.4.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 1,0-2,0 μm ; nexina tão espessa que a sexina em todas as espécies desta seção (Tab. 2). Padrão de ornamentação da sexina é perfurado em *P. marginata* e *P. platymisca* (Fig.6J) ou microrreticulado nas demais espécies (Fig. 6 B, C). É possível visualização da ornamentação sob microscopia de luz em *P. bicorniculata* e *P. carpopoda*, sendo melhor diferenciado sob microscopia eletrônica de varredura para as demais espécies.

3.1.5 Seção V *Enourea*

Espécies estudadas:

P. clathrata Radlk. (Fig 6 K-L)

P. elongata Radlk. (Fig 7 A-D)

P. spahaerocarpa Rich. ex Juss. (Fig 7 E-F)

3.1.5.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma - Grãos de pólen grandes em *P. elongata* e médios nas demais espécies, variando entre 40,0-55,0 μm em diâmetro equatorial (DE). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, isopolares, e forma oblata (Tab.1).

3.1.5.3. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados. Poros com diâmetro entre 7,0 x 9,0 μm e 8,0 x 9,0 μm (Tab. 3), membrana ornamentada (Fig.7 C, F), com ânulo (1,0-2,0 μm), presença de costa em *P. elongata*. Área polar muito grande (Tab. 2) e âmbito triangular (Fig. 6 J, Fig. 7 A, E).

3.1.5.4. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 2,0-3,0 μm ; nexina mais espessa que a sexina em *P. elongata* e tão espessa quanto a sexina nas demais as espécies (Tab.3). Padrão de ornamentação da sexina é perfurado em *P. clathrata* (Fig. 6 L), microreticulado nas demais espécies, com presença de grânulos no lúmen em *P. elongata* (Fig 7. D). É possível visualização da ornamentação sob microscopia de luz em *P. elongata*, e nas demais espécies o padrão de ornamentação é melhor diferenciado sob microscopia eletrônica de varredura.

3.1.6 Seção VI. *Castanella*

Espécies estudadas:

P. histrix Radlk. (Fig. 7 G-I)

P. paullinioides Radlk (Fig. 7 J-L)

P. aff riparia Kunth (Fig. 8 A)

P. sprucei J.F. Macbr. (Fig. 8 B-F)

3.1.6.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma - Grãos de pólen médios em *P. hystrix* e *P. paullinoides* ou grandes em *P. aff riparia* e *P. sprucei*, variando entre 42,5-67,5 μm em diâmetro equatorial (DE) (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, subisopolares (Fig. 7 H, K, Fig. 8 E). A forma é oblata em *P. aff riparia* e suboblata nas demais espécies (Tab. 1).

3.1.6.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados em *P. hystrix* e *P. aff riparia* (Fig. 7 G, Fig. 8 A) ou 3-4-porados em *P. paullinoides* e *P. sprucei* (Fig. 8 D). Poros com diâmetro medindo 6,0 x 7,0 a 15,0 x 14,0 μm (Tab.3), com membrana psilada (Fig. 8 E), ânulo (1,0-2,0 μm). Área polar muito grande (Tab. 2) e âmbito triangular (Fig. 7 G-J) ou quadrangular (Fig. 8 D).

3.1.6.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina delgada (1,0-2,0 μm); nexina tão espessa que a sexina em *P. aff riparia* e *P. sprucei* ou mais espessa que a sexina em *P. hystrix* e *P. paullinoides* (Tab. 2). O padrão de ornamentação da sexina é perfurado em todas as espécies, e com presença de grânulos em *P. paullinoides* (Fig. 7 L). A ornamentação é de difícil visualização sob microscopia de luz, sendo possível observá-lo sob microscopia eletrônica de varredura.

3.1.7 Seção VII. *Xyloptilon*

Espécie estudada:

P. turbacensis Radlk. (Fig. 8 G-I)

3.1.7.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma – Grãos de pólen grandes variando entre 50-52,5 μm no diâmetro equatorial (DE), mônade, isopolares e forma oblata (Tab. 1)

3.1.7.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-4 porados (Fig. 8 G, H), poros com diâmetro 7,0-9,0 μm , membrana ornamentada, ânulo (1,0 μm). Apresenta área polar muito grande e âmbito triangular ou quadrangular (Fig. 8 G, H).

3.1.7.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina – Exina com ca. 2,0 µm de espessura, nexina tão espessa quanto à nexina (Tab. 2) e ornamentação perfurada. O padrão dessa espécie é de difícil visualização sob microscopia de luz.

3.1.8 Seção VIII. *Neuroptilon*

Espécie estudada:

Paullinia plagioptera Radlk. (Fig 8 J-L)

3.1.8.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma - Grãos de pólen médios variando entre 32,5-40,0 µm em diâmetro equatorial (DE), em mônade, heteropolares (Fig. 8 K), com a forma oblata (Tab. 1).

3.1.8.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados com poros medindo ca. 6,0 x 7,0 µm de diâmetro, apresenta membrana ornamentada, ânulo (2,0 µm). Área polar muito grande (Tab. 2) e âmbito triangular (Fig. 8 J).

3.1.8.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina delgada (2,0 µm); nexina tão espessa que a sexina (Tab.2). O padrão de ornamentação da sexina é perfurado na região do mesoporo (Fig. 8 K). No apoporo a ornamentação é psilada com perfurações esparsas (Fig. 8 J). Este tipo de ornamentação só foi possível observar em microscopia eletrônica de varredura.

3.1.9 Seção IX. *Cryptoptilon*

Espécie estudada:

P. verrucosa Radlk. (Fig. 9 A-C)

3.1.9.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma – Grãos de pólen médios variando entre 42,5-51,3 µm em diâmetro equatorial (DE), em mônade, isopolares (Fig. 9 C), com a forma oblata (Tab.1).

3.1.9.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados com poros medindo ca. 9,6 x 10,5 µm de diâmetro, apresenta membrana ornamentada, ânulo (2,0 µm). Área polar muito grande (Tab. 2) e âmbito triangular (Fig. 9 A).

3.1.9.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina delgada (2,0 µm); nexina tão espessa que a sexina (Tab.2). O padrão de ornamentação da sexina é perfurado de difícil visualização sob microscopia de luz, só foi possível observar em microscopia eletrônica de varredura (Fig. 9 B).

3.1.10 Seção X. *Anisoptilon*

Espécie estudada:

P. fibulata Rich. ex Juss. (Fig. 9D)

3.1.10.1. Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma – Grãos de pólen médios variando entre 37,5-40,0 µm em diâmetro equatorial (DE), em mônade, isopolares, com a forma oblata (Tab.1).

3.1.10.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados (Fig. 9 D) com poros medindo ca. 9,0 x 8,0 µm de diâmetro, apresenta membrana ornamentada, ânulo (2,0 µm). Área polar muito grande (Tab. 2) e âmbito subtriangular (Fig. 9 D).

3.1.10.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina delgada (2,0 µm); nexina tão espessa que a sexina (Tab. 2). O padrão de ornamentação da sexina é microrreticulado (Fig. 9 D). Este tipo de ornamentação é possível observar sob microscopia de luz.

3.1.11 Seção XI. *Isoptilon*

Espécies estudadas:

P. isoptera Radlk. (Fig. 9 E)

P. rufescens Rich. ex Juss. (Fig. 9 F)

3.1.11.1. Tamanho, Polaridade, unidade de dispersão e forma – Grãos de pólen médios variando entre 37,5-40,0 μm em diâmetro equatorial (DE), em mônade, isopolares, com a forma oblata (Tab.1).

3.1.11.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados (Fig. 9 E, F) com poros medindo ca. 6,0 x 7,0 a 9,0 x 8,0 μm de diâmetro, apresenta membrana ornamentada, ânulo (1,0 μm) presença de costa em *P. isoptera*. Área polar muito grande (Tab. 2) e âmbito triangular (Fig. 9 E).

3.1.11.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina delgada (2,0 μm); nexina tão espessa que a sexina (Tab. 2). O padrão de ornamentação da sexina é perfurado de difícil visualização sob microscopia de luz.

3.1.12 Seção XII. *Caloptilon*

Espécies estudadas:

- P. alsmithii* Macbr. (Fig. 9 G-I)
- P. barbadensis* Jacq. (Fig. 9 J-L)
- P. caloptera* Radlk. (Fig. 10 A-C)
- P. dasphylla* Radlk. (Fig. 10 D)
- P. dasystachya* Radlk. (Fig. 10 E-F)
- P. fuscescens* Kunth (Fig. 10 G-H)
- P. mellifolia* Juss. (Fig 10 I-L)
- P. subnuda* Radlk. (Fig 11 A-E)
- P. ternata* Radlk. (Fig 11 F-H)

3.1.12.1 Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma - Grãos de pólen médios na maioria das espécies ou grande em *P. mellifolia*, variando entre 33,5 – 48,9 μm em diâmetro equatorial (DE). Grãos de pólen grandes foram registrados nas espécies *P. mellifolia* (DE = 50,0-51,0 μm). (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, subisopolar em *P. barbadensis* (Fig. 9 L), isopolares nas demais espécies (Fig. 10 B, F, H). A forma oblata para todas as espécies (Tab.1).

3.1.12.2. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-porados na maioria das espécies ou 3-4 porados em *P. barbadensis* (Fig. 9 K), poros com diâmetro entre 7,0 x 5,0 µm a 13,0 x 14,0 µm (Tab.3), membrana ornamentada (Fig. 11 K, Fig. 11 D) ânulo (1,0-2,0µm) e presença de costa em *P. caloptera* e *P. dasyphylla*. Área polar muito grande em todas as espécies (Tab. 2 e 4), âmbito triangular (Fig. 9 J, Fig. 10 G, Fig.11) ou quadrangular em *P. barbadensis* (Fig.9 K).

3.1.12.3. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 1,0-3,0 µm; nexina mais espessa que a sexina em *P. barbadensis*, nexina menos espessa que sexina em *P. subnuda*, e nexina tão espessa que a sexina na maioria das espécies (Tab.2). Padrão de ornamentação da sexina é escabrado com perfurações em *P. caloptera* (Fig. 11 C), perfurado com gemas e granulos em *P. alsmithii* (Fig. 11 H, I), microrreticulado em *P. mellifolia* e *P. ternata* (Fig. 10 L, Fig 11. G), e perfurado nas demais espécies (Fig. 10 H). A ornamentação perfurada é de difícil visualização sob microscopia de luz, sendo analisada sob microscopia eletrônica de varredura.

3.1.13 Seção XIII. *Phygotilon*

Espécies estudadas:

P. coriacea Casar. (Fig. 11 I-K)

P. cristata Radlk. (Fig. 11 L)

P. dasygonia Radlk. (Fig. 12 A)

P. micrantha Cambess. (Fig. 12 B-C)

P. pseudota Radlk. (Fig. 12 D-G)

P. revoluta Radlk. (Fig. 12 H-I)

P. rhomboidea Radlk. (Fig. 12 J-L)

P. thalictrifolia Radlk. (Fig. 13 A-C)

P. trigonia Vell. (Fig. 13 D-E)

P. uloptera Radlk. (Fig. 13 F-G)

P. weinmanniifolia Mart. (Fig. 13 H-L)

3.13.1 Tamanho, polaridade, unidade de dispersão e forma - Grãos de pólen médios variando entre 32,2 – 43,0 µm em diâmetro equatorial (DE). (Tab. 1). Todas as espécies apresentam grãos de pólen em mônade, heteropolar em *P. coriacea*, *P. micrantha* (Fig. 12 C)

e *P. uloptera* (Fig. 13 G), subisopolares em *P. rhomboidea* (Fig. 12 L), *P. trigonia* (Fig. 13 E), e isopolares nas demais espécies (Fig. 12 F). A forma é oblata em todas as espécies (Tab.1).

3.13.3. Abertura e área polar – Grãos de pólen 3-4-porados em *P. coriacea* (Fig. 11 K), *P. rhomboidea* (Fig. 12 K) e *P. weinmanniifolia* (Fig. 13 J), e 3-porados nas demais espécies (Fig. 13 K, J). Poros com diâmetro entre 7,0 x 8,0 µm a 13,0 x 12,0 µm (Tab. 3), com membrana ornamentada (Fig. 12 C, L, Fig. 13 C, G, K), ânulo (1,0-2,0µm). Área polar muito grande em todas as espécies (Tab. 2 e 4), âmbito triangular em todas as espécies (Fig 11 H, I) e quadrangular em *P. coriacea* (Fig. 11 K), *P. rhomboidea* (Fig. 12 K) e *P. weinmanniifolia* (Fig. 13 J).

3.13.4. Estratificação e padrão de ornamentação da exina - Exina variando entre 1,0-3,0 µm; nexina tão espessa que a sexina (Tab. 2). Padrão de ornamentação da sexina é microrreticulado em *P. coriacea* e *P. micrantha* (Fig. 11 J), escabrado com perfurações em *P. revoluta*, *P. rhomboidea* e *P. weinmanniifolia* (Fig. 12 G, L, 13 L), e perfurado nas demais espécies (Fig. 13 F). A ornamentação perfurada é de difícil visualização sob microscopia de luz, sendo analisada sob microscopia eletrônica de varredura.

3.2 Análises multivariadas

Os resultados obtidos foram submetidos às análises multivariadas de similaridade de agrupamento hierárquico (HCA) e de análise de componente principal (PCA). Foram utilizados os dados morfológicos dos grãos de pólen das flores masculinas das 60 espécies analisadas, com base em nove variáveis métricas: Diâmetro Polar (DP), Diâmetro equatorial (DE), Diâmetro do Poro (D1), espessura do ânulo, exina, diâmetro equatorial em vista polar (DEVP), lado do apoporo (LA), forma (P/E), área polar (IAP); e duas variáveis categóricas: costa e 3-4 poros (Tab. 5). A análise exploratória é descrita a seguir nos itens 3.3.1 e 3.3.2.

3.2.1. Análise de agrupamento hierárquico (HCA)

Os dados quantitativos e qualitativos dos grãos de pólen das espécies de *Paullinia* em análise de agrupamento hierárquico (HCA) produziram um dendrograma com o percentual de encadeamento 2.65 (Fig 14). Considerando 50% de informação remanescente foram obtidos

quatro agrupamentos (clusters). O primeiro agrupamento (Cluster 1) foi formado por 20 espécies pertencentes às seções I, III, V, VIII, XI, XII, XIII: *P. alata*, *P. sphaerocarpa*, *P. uloptera*, *P. coriácea*, *P. trigonia*, *P. jamaicensis*, *P. rufescens*, *P. subcordata*, *P. thalictrifolia*, *P. latifolia*, *P. pseudota*, *P. subnuda*, *P. micrantha*, *P. plagioptera*, *P. ternata*, *P. clavigera*, *P. barabadensis*, *P. dasygonia*, *P. rhomboidea*, *P. weinmanniifolia*. O segundo agrupamento (cluster 2) foi formado por 10 espécies pertencentes às seções I, XI e XII: *P. cururu*, *P. rhizantha*, *P. cearensis*, *P. castaneifolia*, *P. seminuda*, *P. isoptera*, *P. costaricensis*, *P. caloptera*, *P. pinnata*, *P. spicata*. O terceiro agrupamento (cluster 3) foi formado por 18 espécies pertencentes à nove seções: *P. bracteosa*, *P. rubiginosa*, *P. dasyphilla*, *P. elongata*, *P. elegans*, *P. stipularis*, *P. turbacensis*, *P. mellifolia*, *P. ferruginea*, *P. rugosa*, *P. cupana*, *P. verrucosa*, *P. bicorniculata*, *P. paullinioides*, *P. cristata*, *P. histrix*, *P. sprucei*, *P. aff riparia*. O quarto agrupamento (cluster 4) foi formado por 12 espécies pertencentes à oito seções: *P. imberbis*, *P. ingifolia*, *P. carpopoda*, *P. fibulata*, *P. dasystachia*, *P. fuscescens*, *P. revoluta*, *P. marginata*, *P. clathrata*, *P. alsmithii*, *P. platymisca*. (Fig 16)

3.2.2. Análise de componente principal (PCA)

O resultado do componente principal (PCA) explicou 66,19 % do total da variância. A análise exploratória do primeiro e segundo componente principal é apresentada em dois itens a seguir (Fig. 17).

3.2.2.1 Primeiro componente principal:

O primeiro componente principal explicou 51,65% de variância total. As variáveis mais significativas do eixo positivo foram os diâmetros polar (DP), equatorial (DE), equatorial em vista polar (DEVP) e lado do apoporo (LA) (tab. 6). No eixo positivo as espécies representantes das seções I, II, III, IV, V, VI, VII, X, XII e XIII ficaram dispersas sob a influência dos vetores de DP, DE, DEVP e LA. As espécies que apresentaram maior similaridade dentro das seções a qual pertencem são: *P. bracteosa*, *P. elegans* e *imberbis* (seção I); *P. rubiginosa* e *P. stipularis* (seção II); *Paullinia ferruginea*, *P. cupana*, *P. rugosa* (seção III); *P. carpopoda*, *P. marginata*, *P. platymisca* (seção IV); *P. clathrata* e *P. elongata* (seção V); *P. hystrix*, *P. paullinioides*, *P. sprucei* (seção VI). Ainda no eixo positivo observa-se que as espécies *P. bicorniculata*, *P. paullinioides*, *P. ferruginea* e *P. clathrata* apresentaram maior similaridade entre si sob a influência dos vetores DP e DE. As espécies *P. bracteosa*, *P.*

imberbis (seção I), *P. carpopoda*, *P. marginata*, *P. platymisca* (seção IV), *P. alsmithii*, *P. dasyphylla* (seção XII), e *P. fibulata* (seção X) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência dos vetores DEVP e LA. *P. cristata* (seção XIII) está posicionada sob influência do vetor poro (D1). As espécies *P. sprucei* e *P. aff riparia* (seção VI) posicionaram-se polarizadas e distanciadas das demais espécies por apresentarem os maiores valores positivos do primeiro componente principal. As demais espécies estão dispersas no eixo positivo sem forte polarização.

No eixo negativo as espécies representantes das seções I, II, III, V, VII, XI, XII e XIII ficaram dispersas sob a influência dos vetores costa, ânulo e exina. Os demais vetores (Poro, 3-4poros, P/E e IAP) não tiveram forte influência na dispersão das espécies no eixo negativo comparado aos demais vetores. As espécies que apresentaram maior similaridade dentro das seções a qual pertencem são: *P. caloptera*, *P. cururu*, *P. pinnata*, *P. rhizantha*, *P. spicata* (seção I); *P. castaneifolia*, *P. seminuda* (seção II); *P. cearensis*, *P. latifolia*, *P. subcordata*, *P. jamaicensis*, *P. coriacea* e *P. fusiformis* (seção III); *P. isoptera*, *P. rufescens* (seção IX), *P. barbadensis*, *P. fuscescens*, *P. subnuda*, *P. ternata* (seção XII); *P. coriacea*, *P. dasygonia*, *P. micrantha*, *P. pseudota*, *P. revoluta*, *P. rhomboidea*, *P. thalictrifolia*, *P. trigonia*, *P. uloptera*, *P. weinmanniifolia* (seção XIII). As espécies *P. fuscescens*, *P. caloptera* (seção XII), *P. ingifolia* (seção IV) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência do vetor costa. *P. spicata*, *P. pinnata* (seção I), *P. revoluta* e *P. uloptera* (seção XIII) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência dos vetores ânulo, IAP e exina. As espécies do eixo negativo estão dispersas uniformemente (sem polarização), pois apresentaram valores negativos opostos à influência dos vetores significativos do eixo positivo (DP, DE, LA e DEVP).

3.2.2.1 Segundo componente principal:

O segundo componente principal explicou 14,54% de variância total (Tab. 6). As variáveis mais significativas do segundo componente principal foram costa, lado do apoporo (LA), e diâmetro equatorial em vista polar DEVP (tab. 6). No eixo positivo as espécies representantes das seções I, II, III, V, VII, VIII, X, XI, XII e XIII ficaram dispersas sob influência dos vetores costa, LA e DEVP. Os vetores ânulo, IAP e exina apesar de positivos, não influenciaram significativamente o eixo. As espécies que apresentaram maior similaridade dentro das seções a qual pertencem são: *P. barbadensis*, *P. cururu*, *P. rhizantha*, *P. imberbis* e *P. elegans* (seção I); *P. rubiginosa*, *P. seminuda*, *P. stipularis* (seção II); *P. cearensis*, *P.*

subcordata, *P. jamaicensis*, *P. costaricensis* (seção III); *P. ingifolia*, *P. platymisca*, *P. carpopoda*, *P. marginata* (seção IV), *P. isoptera*, *P. rufescens* (seção XI), *P. alsmithii*, *P. caloptera*, *P. dasystachia*, *P. dasyphilla*, *P. mellifolia*, *P. fuscescens* (seção XII). As espécies *P. bracteosa*, *P. imberbis* (seção I), *P. marginata*, *P. carpopoda*, *P. platymisca* (seção IV), *P. dasystachia*, *P. alsmithii* (seção V), *P. fibulata* (seção X) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência dos vetores LA e DEVP. As espécies *P. imberbis* (seção I), *P. caloptera*, *P. fuscescens* (seção XII), *P. uloptera* (seção XIII), *P. ingifolia* (seção IV) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência dos vetores IAP, ânulo e costa. *P. cearensis* apresenta o maior valor positivo do segundo componente principal e o seu posicionamento se manteve distanciado das demais espécies do eixo positivo. As demais espécies estão dispersas no eixo positivo sem forte polarização.

No eixo negativo do segundo componente principal, espécies representantes das seções I, II, III, IV, V, VI, IX, XII, XIII ficaram dispersas sob a influência dos vetores DP, DE, 3-4 poros e poro (D1). O vetor P/E não influenciou significativamente na dispersão das espécies no segundo componente principal. As espécies que apresentaram maior similaridade dentro das seções a qual pertencem são: *P. alata*, *P. clavigera*, *P. spicata* e *P. pinnata* (seção I), *P. cupana*, *P. ferruginea*, *P. latifolia*, *P. fusiformis* e *P. rugosa* (seção III), *P. clathrata* e *P. sphaerocarpa* (seção V), *P. histrix*, *P. paullinioides*, *P. sprucei* e *P. aff riparia* (seção VI), *P. barbadensis*, *P. ternata* e *P. subnuda* (seção XII), *P. coriacea*, *P. cristata*, *P. dasygonia*, *P. micrantha*, *P. pseudota*, *P. revoluta*, *P. rhomboidea*, *P. thalictrifolia*, *P. trigonia* e *P. weinmanniifolia* (seção XIII). As espécies *P. clathrata* (seção V), *P. ferruginea* (seção III), *P. bicorniculata* (seção IV) e *P. paullinioides* (seção VI) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência dos vetores DP e DE. As espécies *P. alata*, *P. spicata*, *P. pinnata* (seção I), *P. fusiformis* (seção III), *P. rhomboidea*, *P. coriácea*, *P. revoluta* (seção XIII) e *P. sphaerocarpa* (seção V) apresentaram maior similaridade entre si sob a influência do vetor 3-4 poro. Polarizadas no eixo negativo, as espécies *P. dasygonia* (seção XIII), *P. sprucei* e *P. aff riparia* (seção VI) estão distanciadadas das demais espécies por apresentarem os maiores valores negativos do primeiro componente principal. As demais espécies estão dispersas no eixo negativo sem forte polarização.

No eixo positivo do primeiro e segundo componente destaca-se a similaridade na dispersão das espécies que se mantiveram eixo positivo dos dois componentes principais: *P. elegans*, *P. imberbis* e *P. bracteosa* (seção I), *P. rubiginosa* e *P. stipularis* (seção II), *P. bicorniculata*, *P. carpopoda*, *P. marginata*, *P. platymisca* (seção IV), *P. alsmithii*, *P. dasystachia*, *P. dasyphilla* e *P. mellifolia* (seção XII). Mantiveram-se dispersas no eixo

negativo dos dois componentes principais as espécies *P. alata*, *P. clavigera*, *P. spicata* e *P. pinnata* (seção I), *P. fusiformis* e *P. latifolia* (seção III), *P. barbadensis*, *P. subnuda* e *P. ternata* (seção XII) e *P. coriacea*, *P. dasygonia*, *P. micrantha*, *P. pseudota*, *P. revoluta*, *P. rhomboidea*, *P. thalictrifolia*, *P. trigonia* e *P. weinmanniifolia* (seção XIII) (Fig.15)

3.3 Descrição polínica das flores femininas

Foram analisadas 18 espécies com flores femininas (Fig. 16, 17), a saber: *P. alata* (Ruiz & Pav.) G. Don (Fig. 16A-C), *P. caloptera* Radlk., *P. carpopoda* Cambess. *P. cearensis* Somner & Ferrucci (Fig. 16D-E), *P. coriacea* Casar. (Fig. 16F), *P. cupana* Kunth, *P. elegans* Cambess. (16G), *P. elongata* Radlk. (Fig. 16H), *P. fusiformis* Radlk. (Fig. 16A-C), *P. ingifolia* Rich. ex Juss (Fig. 16D-F), *P. mellifolia* Juss. (Fig. 16I), *P. pinnata* L. (Fig. 17G-I), *P. revoluta* Radlk., *P. rugosa* Benth. ex Radlk., *P. seminuda* Radlk. (Fig. 16J-L), *P. thalictrifolia* Radlk. (Fig. 16K), *P. trigonia* Vell (Fig. 16L), *P. weinmanniifolia* Mart. Os grãos de pólen são isopolares, forma oblata, âmbito triangular ou quadrangular, área polar muito grande, 3-4 porados em *P. coriacea*, *P. seminuda*, *P. weinmanniaefolia*, 3-porados nas outras espécies. A região da abertura possui ânulo ornamentado com 1,0-2,0µm. Todas as espécies têm a mesma espessura para nexina e sexina, nos mesoporos a exina tem ca. 1,0-2,0µm. A superfície da sexina é microrreticulada em todas as espécies (tab. 7).

As anteras variam em média 0,38-0,54 mm de comprimento por 0,9-0,35 mm de largura. *P. seminuda* apresentou anteras com as menores dimensões (0,38 x 0,09 mm) e *P. alata* apresentou as maiores dimensões (0,54-0,35 mm). As anteras possuem aberturas indeiscentes para todas as espécies analisadas até o momento (Fig. 16D, G, H). Há uma ressalva a ser destacada para a espécie *P. fusiformis* que apresentou 20% das anteras com aberturas deiscentes permitindo a visualização dos grãos de pólen no seu interior, de forma que esses polens permanecem fixos no interior da antera.

Considera-se, para o estudo que os grãos de pólen são viáveis se o conteúdo citoplasmático preenche todo o pólen ou restrito a uma pequena área do pólen (Fig. 17F, I, K), não viáveis, se o conteúdo citoplasmático está ausente (Fig. 16D, H, K). Das espécies analisadas quatro apresentam porcentagem de grãos de pólen viáveis superior a 50%: *P. elegans*, *P. fusiformis*, *P. mellifolia* e *P. seminuda* (Tab. 6). Nos demais espécimes a porcentagem de grãos de pólen não viáveis foi superior à de viáveis. Das espécies que apresentam grãos de pólen não viáveis pode-se destacar *P. cearensis*, pois esta espécie apresenta 20% dos seus grãos de pólen normais semelhante aos das flores masculinas. No

entanto, 80% dos grãos de pólen desta espécie na flor feminina apresentam má formação, sem aberturas formadas ou com formato anormal ou colapsados. Para as espécies com grãos de pólen viáveis, pode-se destacar *P. elegans*, que apesar de apresentar conteúdo citoplasmático seus grãos de pólen não possuem o seu interior completamente preenchido (Fig 16G). No momento, consideram-se viáveis aqueles com conteúdo, no entanto, é necessária maior investigação sobre a capacidade de desenvolver tubo polínico.

4. DISCUSSÃO

A morfologia polínica das 60 espécies de *Paullinia* estudadas mostrou homogeneidade quanto ao tipo de abertura (poros) com presença de ânulo e membrana ornamentada e âmbito triangular. Os grãos de pólen são heterogêneos quanto ao tamanho (médio ou grande), à polaridade, quantidade de aberturas variando em 3-porados e 3-4 porados, presença ou não de costa e tipo de ornamentação. A seguir são discutidos os aspectos dos caracteres analisados.

Na maioria das seções os grãos de pólen são de tamanho médio. O tamanho grande também ocorre nas seções III. *Pleurotoechus* (*P. cupana* e *P. rugosa*), V. *Enourea* (*P. elongata*), VI. *Castanella* (*P. aff riparia* e *P. sprucei*), VII. *Xyloptilon* (*P. turbacensis*) e XII. *Caloptilon* (*P. mellifolia*), as demais apresentam grãos de pólen médios. Grãos de pólen de tamanho médio em *Paullinia* foram descritos por Erdtman (1952), Cruz (1982), Ferrucci & Anzotegui (1993), Acevedo-Rodríguez (1998) e grãos de pólen de tamanho grande foram registrados por Perdiz *et al.* (2012) para a espécie *P. unifoliolata*. Ferrucci & Anzotegui (1993) destacaram que a variação no tamanho dos grãos de pólen na tribo *Paullinieae* estaria diretamente relacionada ao tamanho das flores. Ferruci (1993) correlacionou o tamanho da flor ao tamanho do pólen no gênero *Cardiospermum*, e observou que as duas estruturas estavam diretamente relacionadas. Não há estudos com essa correlação em *Paullinia*, no entanto é possível que se aplique ao gênero uma vez que *Paullinia* e *Cardiospermum* são gêneros evolutivamente relacionados (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2017). Na análise de componente principal (PCA) o tamanho foi uma das variáveis mais significativas para o primeiro componente principal. A relação de similaridade entre as espécies de *Paullinia*, tanto na análise hierárquica de agrupamento (HCA) quanto no PCA, está fortemente influenciada pelas dimensões do diâmetro equatorial utilizado para determinar o tamanho dos grãos de pólen das espécies aqui estudadas.

Os grãos de pólen de *Paullinia* apresentam variação quanto à polaridade podendo ser isopolares, subisopolares ou heteropolares. Erdtman (1952) descreveu grãos de pólen

subisopolares em *P. cupana* e *P. fuscescens*. No presente estudo essas espécies apresentaram grãos de pólen isopolares. Aquelas com grãos de pólen com um dos pólos plano e o outro côncavo, ou com um dos pólos côncavo e o outro convexo foram classificadas como heteropolares. Em *Paullinia* a maioria das espécies apresenta grãos de pólen isopolares com representantes em todas as seções de Radlkofer (1895). Grão de pólen subisopolar e heteropolar não é um estado de caráter exclusivo de uma seção. Ocorrem grãos de pólen subisopolares nas espécies analisadas da seção IV (*Castanella*), em *P. barbadensis* (Seção XII. *Caloptilon*), em *P. rhomboidea* e *P. trigonia* (Seção XIII. *Phygoptilon*). Grãos de pólen heteropolares estão presentes em *P. alata* (seção I *Neurotoechus*), em *P. rugosa* e *P. subcordata* (Seção III *Pleurotoechus*), em *P. plagioptera* (seção VIII. *Neuroptilon*) e *P. coriacea*, *P. micrantha* e *P. uloptera* (Seção XIII. *Phygoptilon*). A variação da polaridade nas espécies de *Paullinia* foi observada por Ferrucci & Anzotegui (1993) na qual classificou os grãos de pólen do gênero como iso ou subisopolares. As autoras atribuíram aos grãos de pólen isopolares uma condição secundária derivada de grãos de pólen heteropolares.

As seções I *Neurotoechus* e VI *Castanella* apresentaram espécies com a forma subolata e oblata enquanto as demais seções apresentaram apenas a forma oblata. Grãos de pólen oblatos em *Paullinia* foram descritos por Erdtman (1952), Cruz (1982), Ferrucci & Anzotegui (1993), Acevedo-Rodriguez (1998). Estes tipos de forma apresentadas por grãos de pólen triangulares ocorrem também em *Serjania*, *Urvillea*, *Cardiospermum* (Van der Ham & Tomlik, 1994), que são gêneros estreitamente relacionados em Sapindaceae (Acevedo-Rodriguez *et al.*, 1998). A relação P/E que determina a forma dos grãos de pólen não teve forte influência na dispersão das espécies na análise multivariada.

A área polar varia o tamanho entre grande nas seções I. *Neurotoechus* e Seção III *Pleurotoechus*, enquanto que as demais seções apresentam área polar muito grande. Nas análises multivariadas o índice da área polar não teve influência significativa na similaridade entre as espécies de *Paullinia*.

Paullinia apresenta grãos de pólen com aberturas poradas, sendo esses 3-porados nas seções *Pleurotoechus* e *Enourea*, e 3-4 porados nas demais seções. Erdtman (1952) registrou grãos de pólen 3-4 porados para *P. fuscescens* e *P. pinnata*. Outros autores reportaram a variação de 3 e 4 poros nas espécies de *Paullinia* (Merville 1965; Barros 1969, Muller & Leenhouts 1976; Cruz 1982; Ferrucci & Anzotegui 1993, Acevedo-Rodriguez 1998, Ham 1990, Ham & Tomlik, 1994). Dentre as descrições apresentadas por Erdtman (1952), Merville (1965) e Barros (1969), algumas são conflitantes, por exemplo, em *P. pinnata* há registro de grãos de pólen isopolares ou heteropolares, 3-colporados ou 3-porados. Estes resultados

indicam que podem ter ocorrido equívocos na identificação do material estudado, pois não ocorrem grãos de pólen colporados em *Paullinia*. Grãos de pólen colporados ocorrem no gênero *Serjania*, em que as flores são morfologicamente muito semelhantes às flores de *Paullinia*. Considerando as características descritas por Erdtman (1952) e Barros (1969), a morfologia polínica de *P. pinnata* por eles estudada refere-se aos grãos de pólen de uma espécie de *Serjania*. Muller & Leenhouts (1976) foram os primeiros autores a relacionar o tipo de abertura nas delimitações dos gêneros, destacando a importância da morfologia polínica na sistemática de Sapindaceae como uma ferramenta importante na taxonomia da família (Ham 1990; Acevedo-Rodriguez 1993; Ferrucci and Anzotegui 1993). Por exemplo, é possível diferenciar os gêneros *Paullinia* e *Serjania* pelo tipo de abertura dos grãos de pólen. De acordo com Acevedo-Rodriguez (1993), *Serjania* apresenta grãos de pólen sincolporados enquanto que *Paullinia*, aqui estudado, possui grãos de pólen porados. Esses dois gêneros formam um grupo irmão estreitamente relacionados (Acevedo-Rodriguez *et al.* 2017), são semelhantes morfologicamente, no entretanto diferenciados pelo tipo de fruto e tipo de grãos de pólen. Ham (1990) ao estudar a tribo *Paullinieae* caracterizou os grãos de pólen de *Paullinia* como triporados. O autor considerou que o tipo poro foi originado a partir da redução de ectoaberturas. Esta hipótese é sustentada pelo registro fóssil de *Cupanieidites* que possuía grãos de pólen com aberturas do tipo parassincolporadas. Na análise multivariada o tipo de abertura e as dimensões do poro foram significativas nas relações de similaridade das espécies.

O tipo de ornamentação tem se mostrado como importante na diferenciação de grupos avaliados. O gênero *Paullinia* apresenta a ornamentação da sexina microrreticulada na maioria das espécies, podendo apresentar grânulos/gemas ou perfurações, ou escabrada com perfurações. Segundo Ferrucci & Anzotegui (1993) os gêneros *Serjania*, *Houssayanthus*, *Urvillea* e *Cardiospermum* apresentam grãos de pólen com ornamentação que varia desde parcialmente perfurada a microrreticulada. Em *Paullinia* a maioria das espécies aqui estudadas apresenta sexina perfurada. Em *Serjania* a maioria das espécies apresenta grãos de pólen com a ornamentação microrreticulada (Merville 1965; Barros 1969, Muller & Leenhouts 1976; Cruz 1982; Ferrucci & Anzotegui 1993, Acevedo-Rodriguez 1998). Isso demonstra que além do tipo de aberturas, a ornamentação também é um atributo polínico importante para diferenciar os dois gêneros.

Radlkofer (1895) ao descrever as seções do gênero *Paullinia* baseou-se na morfologia do fruto para delimitar as seções. De acordo com a palinologia do gênero, aqui estudada, e relacionando a similaridade entre as espécies com a classificação proposta pelo autor tem-se

que a morfologia polínica das seções *Diphtherotoechus*, *Pachytoechus*, *Castanella*, *Cryptoptilon* e *Phygoptilon* apresenta similaridade significativa entre as espécies de cada seção o que corrobora à delimitação proposta por Radlkofer (1985). Nas demais seções as espécies não formaram grupos consistentes na análise hierárquica de agrupamento, e na dispersão das espécies na análise de componente principal as espécies compartilham características morfológicas polínicas com as espécies das demais seções. Na seção *Neurotoechus* apesar das espécies não apresentarem uma consistência na sua delimitação de acordo com a morfologia polínica, pode-se destacar que *P. spicata* e *P. pinnata* apresentam similaridade entre si o que corrobora também a delimitação proposta por Radlkofer (1985). A seção *Pachytoechus* demonstrou consistência na análise multivariada apresentando similaridade entre as espécies. Isto está de acordo com a proposta do autor supracitado que as agrupou na mesma seção por serem as únicas a possuírem frutos com espinhos. As demais seções não correspondem à classificação proposta por Radlkofer (1985).

Estes resultados mostram uma forte tendência à formação de novos agrupamentos a partir dos tipos polínicos que podem auxiliar à taxonomia. A classificação do gênero está baseada nas seções estabelecidas por Radlkofer (1895) que são artificiais e estudos de sistemática molecular envolvendo *Paullinia* ainda não existem. Os caracteres polínicos em conjunto indicam consistência para a formação de novos agrupamentos e tipos polínicos a partir da similaridade entre as espécies de *Paullinia*.

A palinologia das flores femininas de *Paullinia* é pouco conhecida, estando aqui amostrado a morfologia polínica de 18 espécies. No que diz respeito à morfologia polínica da flor feminina, as espécies aqui estudadas apresentam os grãos de pólen semelhantes aos das flores masculinas quanto ao número de aberturas e tipo de abertura, polaridade, forma, e tipo de ornamentação. As características que os diferenciam dos presentes nas flores masculinas são o tamanho e a presença ou não de conteúdo citoplasmático em seu interior. Cruz (1982) observou que em *P. carpopoda* os grãos de pólen das flores masculinas são maiores que o das flores femininas e em *P. trigonia* não há diferença de tamanho. Esta observação corrobora os resultados aqui encontrados e aponta a necessidade da investigação dos grãos de pólen das diferentes flores (masculinas e femininas), pois podem apresentar informações importantes para a taxonomia de *Paullinia*.

A presença de grãos de pólen nos estaminódios de *Paullinia* foi relatada por Lima *et al* (2015) ao estudarem a expressão sexual em *P. weinmanniifolia*. As autoras registraram estaminódios indeiscentes também observados nas espécies aqui analisadas. Em *P. fusiformis* anteras deiscentes aqui observadas podem ser resultado da técnica utilizada, uma vez que o

material analisado foi proveniente de herbário. Faz-se necessária a investigação *in vivo* para determinar a deiscência das anteras dos estaminódios nessa espécie.

Quanto à viabilidade polínica, segundo Lima *et al.* (2015) em *P. weinmanniifolia* os grãos de pólen são 100% estéreis. Nas espécies aqui estudadas quatro apresentam porcentagem de grãos de pólen viáveis superior a 50%: *P. elegans*, *P. fusiformis*, *P. mellifolia* e *P. seminuda*. Nos demais espécimes a porcentagem de grãos de pólen não viáveis foi superior à de viáveis. De acordo com Vary *et al.* (2011), ao estudarem flores femininas de *Tina striata*, observaram perda da capacidade de germinação e fertilização de óvulos, estando relacionada à inviabilidade dos grãos de pólen nessas flores. Segundo os autores a presença de grãos de pólen nas anteras de flores femininas está relacionada à função de atração dos polinizadores. Grãos de pólen em estaminódios indeiscentes semelhantes aos aqui observados em *Paullinia* foram estudados por Appanah (1982) em *Xerospermum intermedium* Radlk. Nesta espécie os grãos de pólen das flores femininas são utilizados para promover a autopolinização caso a polinização não ocorra.

Nesse aspecto, faz-se necessário investigar se a inviabilidade polínica dos grãos de pólen mantidos nos estaminódios, como aqueles registrados em *P. weinmanniifolia*, é uma característica do gênero *Paullinia*. Apesar das anteras serem indeiscentes e possuírem grãos de pólen, estudos sobre a viabilidade dos mesmos para as demais espécies do gênero é ainda desconhecida. Segundo Lima *et al.* (2015) estudos palinológicos incluindo a análise da viabilidade de grãos de pólen de flores femininas de espécies em Sapindaceae podem contribuir para elucidar a evolução dos sistemas sexuais no grupo.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que as espécies de *Paullinia* analisadas apresentam variações morfológicas quanto ao tamanho (médio ou grande), a polaridade, a quantidade de aberturas variando em 3-porados e 3-4 porados, a presença ou não de costa e tipo de ornamentação. Esses atributos polínicos informativos, úteis na delimitação dos táxons, pois permitem a distinção de agrupamentos por similaridade. Retomando o principal questionamento que norteou o presente estudo palinológico, não foram encontrados caracteres exclusivos para cada seção devido ao compartilhamento de caracteres palinológicos. A palinologia de *Paullinia* oferece subsídios ao conhecimento morfológico do gênero e não corrobora a delimitação infragenérica de *Paullinia* atualmente proposta.

A análise da viabilidade de grãos de pólen de flores femininas de espécies *Paullinia* foi pela primeira vez estudada nas espécies *P. alata* (Ruiz & Pav.) G. Don, *P. caloptera* Radlk., *P. carpopoda* Cambess., *P. cearensis* Somner & Ferrucci, *P. coriacea* Casar., *P. cupana* Kunth, *P. elegans* Cambess., *P. elongata* Radlk., *P. fusiformis* Radlk., *P. ingifolia* Rich. ex Juss., *P. mellifolia* Juss., *P. pinnata* L., *P. revoluta* Radlk., *P. rugosa* Benth. ex Radlk., *P. seminuda* Radlk., *P. thalict trifolia* Radlk., *P. trigonia* Vell, contribuindo para o conhecimento das flores femininas do gênero. Porém há espécies com grãos de pólen viáveis em grande quantidade, normais e semelhantes aos das flores masculinas tanto no tamanho quanto na sua estrutura, como por exemplo, os da espécie *P. fusiformis*, *P. mellifolia* e *P. seminuda*. Todavia, como destacado para a espécie *P. elegans*, o seu conteúdo citoplasmático não é denso como os grãos de pólen das demais espécies que apresentam grãos viáveis. Isto permite concluir que para esta espécie, apesar de estar positiva para a coloração do carmim acético, não significa dizer que estes grãos de pólen considerados viáveis sejam realmente férteis. Este estudo indica a necessidade de investigar a fertilidade dos grãos de pólen para as espécies aqui sinalizadas como viáveis, a fim de esclarecer a capacidade de fecundação.

Com relação à deiscência das anteras a maioria das espécies apresentou anteras indeiscentes como relatado na literatura. No entanto, é necessária uma maior investigação para as espécies, pois *P. fusiformis* apresentou anteras com aberturas deiscentes nos estaminódios das flores femininas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Rodríguez, P. Novelties in Neotropical Sapindaceae II. Notes on *Averrhoidium*, *Serjania*, and *Porocystis*. *Novon* 8: 105–106. 1998.
- Acevedo-Rodríguez, P. Flora of the Guianas: Sapindaceae. Series: A Phanerogams Fascicle 29. The Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 196 p. 2012.
- Acevedo-Rodríguez, P. Systematics of *Serjania* (Sapindaceae). Part I: a revision of *Serjania* sect. *Platycoccus*. *Mem New York Bot Gard* 67:1–93. 1993.
- Alexander, M.P. A. Versatile stain for pollen fungi, yeast and bacterium. *Stain Technology*, 1(5):13-8. 1980.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group) III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc.* 161:105-121. 2009.
- Barros, O.M. 1969. *Pólen das plantas silvestres do Ceará*. II. Município de Fortaleza – Sapindaceae. *Boletim Cearense de Agronomia* 10:53-58.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S. *Glossário Ilustrado de Palinologia*. Campinas: Ed. Unicamp. 75p. 1988.
- Bentham, G. & Hooker, J.D. 1862. *Genera Plantarum*, v.1. London.463p.
- Caccavari, M.A.; Naab, O.A. & Tamame, M.A. Palynological and physicochemical characteristics of three unifloral honey types from central Argentina. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(4): 566-576. 2008.
- Croat, T.B. Flora of Panama (Family 108. Sapindaceae). *Annals Missouri Botanical Garden*, 63(3): 419-540. 1976.
- Cruz, M.A.V. *Contribuição ao estudo palinológico das Sapindaceae*. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, SP.1982.
- De Candolle, A. P. 1824. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. V. Pp. 602-606.
- Dickison, W.C. & Bell, R.C. Palynological evidence. *In*: A.E. Radford, W.C. Vascular plant systematics. Haper & Row Publishers, New York, pp. 211-222. 1974.
- Endress, P.K., Matthews, M.L. Elaborate petals and staminodes in eudicots: diversity, function, and evolution. *Org Divers Evol* 6:257–293(2006)

- Erdtman, G. 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 539pp. 1952.
- Faegri, G. & Iversen, J. 1966. *Textbook of modern pollen analysis*. Copenhagen: Scandinavian University Books, 2 ed. 237p.
- Ferrucci, M.S. Sapindaceae. In: Spichiger R, Ramella L (eds) *Flora del Paraguay*. Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Geneve and Missouri Botanical Garden, pp 1–144. 1991.
- Freitas, A.G. & Carvalho, M.A. Análise morfológica e inferências ecológicas de grãos de pólen e esporos (últimos ~8.000 anos) da lagoa da ferradura, Armação Dos Búzios, Rj, *Brasil. Rev. Bras. Paleontol.* 15(3):300-318, 2012.
- Galino-González, J. S. Guevara, & Sosa, V. J. Bat-and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology* 14: 1693-1703.
- Gasparino, E.C. Estudo polínico das espécies do gênero *Cordia* L. (Boraginaceae) ocorrentes no Estado de São Paulo. 91 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2005.
- Haddad, A.; Sesso, A., Attias, M., Farina, M.; Meirelles, M.N.; Silveira, M.; Benchimol, M.; Soares, M.J.; Barth, O.M.; Machado, R.D.; Souto-Padrón, T & Souza, W. *Técnicas básicas de microscopia eletrônica aplicadas às Ciências Biológicas*. Sociedade Brasileira de Microscopia, Rio de Janeiro. 1998.
- Harrington, M.G. Edwards, K.J.; Johnson, S.A.; Chase, M.W. & Gadek, P.A. Phylogenetic inference in Sapindaceae sensu lato using plastid matK and rbcL DNA sequences. *Syst. Bot.* 30(2): 366-382. 2005.
- Henderson, P.A. 2003. *Practical methods in Ecology*. Blackwell, Oxford. 163p. Jussieu, A.L. 1789. *Genera plantarum*. Herissant & Barrois, Paris. 549p
- Lima, H.A., Somner, G.V., Giulietti, A.M. Duodichogamy and sex lability in Sapindaceae: the case of *Paullinia weinmanniifolia*. *Plant Syst Evol* 302:109-120. 2016
- Lloyd D.G., Webb C.J. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in Angiosperms I. Dichogamy. *New Zealand J Bot* 24:135–162
- McCune, B. and M. J. Mefford. 2006. PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 5.0 for Windows.

- Mcgarigal, K.; Cushman, S. & Stafford, S. *Multivariate statistic for wildlife and ecology research*. Springer Science and Business Media, New York, 2000.
- Melhem, T.S., Cruz-Barros, M.A.V., Corrêa, A.M.S., Makino Watanabe, H., Silvestre-Capelato, M.S. & Esteves, V.L.G. Morfologia polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica*. 16: 1-104. 2003.
- Merville, M. *Le Pollen des Sapindacées D'Afrique occidentale*. *Pollen et Spores* 7 (3): 465-489. 1965.
- Mezzonato-Pires, A. C.; Mendonca, C.B.F.; Goncalves-Esteves, V. Pollen morphology of selected species of Passiflora L. (Passifloraceae) from the Atlantic Forest. *Acta Bot. Bras.*, Belo Horizonte, v. 29, n. 3, p. 391-399, Sept. 2015.
- Muller, J. & Leenhouts, P.M. *A general survey of pollen types in Sapindaceae in relation to taxonomy*. In the evolutionary significance of the exine (Ferguson, I.K. & Muller, J. ed.). 407-445. 1976.
- Perdiz, R. de O.; A.M. Amorim & M.S. Ferrucci. 2012. Paullinia unifoliolata, a remarkable new species of Sapindaceae from the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. *Brittonia*, 64:114-118.
- Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Le Thomas, A. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Paleobotany and Palynology*. 143: 1-81. 2007.
- Radlkofer, L. 1895. *Monographie der Sapindaceen Gattung Paullinia*. Munich.
- Renner, S.S.; Beenken, L.; Grimm, G.W.; Kocyan, A.; Ricklefs, R.E. The evolution of dioecy, heterodichogamy, and labile sex expression in Acer. *Evolution* 61–11:2701–2719. 2007.
- Sabatini, D.D.; Bensch, K. & Barnett, R.J. Cytochemistry and electron microscopy: the preservation of cellular ultrastructure and enzymatic activity by aldehyde fixation. *Journal of Cellular Biology* 17:19-58. 1963.
- Salgado-Labouriau, M. L. *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. 1973.
- Somner, G. V. *Paullinia* L. (Sapindaceae): morfologia, taxonomia e revisão de *Paullinia sect. Phygoptilon*, 275 p. *Tese de Doutorado não publicada*. Universidade de São Paulo, Brasil. 2001.

- Souza, C.Z. & Lorenzi, H. 2005. *Botânica Sistemática – Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 640p.
- Vary L.B., Sakai A.K., Weller S.G. Morphological and functional sex expression in the Malagasy endemic *Tina striata* (Sapindaceae). *Amer J Bot* 98(6):1040–1048. 2011
- Verdu, M.; Gleiser, G. Adaptive evolution of reproductive and vegetative traits driven by breeding systems. *New Phytol* 169:409–417. 2005.

Anexo I - Material examinado de *Paullinia*:

1. *Paullinia alata* (Ruiz & Pav.) G. Don - J. L. Zarucchi *et al.* 2750 (US); H. Pitter 4736 (US); *P. Acevedo *et al.* 1581 (US); ♀O. Haught 4952 (US).
2. *Paullinia alsmithii* Macbr. - *E. P. Killing & A. C. Smith 29204 (US); G. F. Villa *et al.* 507 (US); R. Liesner 24594 (US).
3. *Paullinia barbadensis* Jacq. – Fazenda Florestal - Rio Tibagi, Londrina, Paraná, Brasil - J. da Cruz - 23/11/1987 (RBR)
4. *Paullinia bicorniculata* Somner - Reserva Estadual Lagoa - São Paulo - I. Cordeiro *et al.* 1127 (R);
5. *Paullinia bracteosa* Radlk. - G. T. Prance *et al.* 4060 (US); G. T. Prance *et al.* 25654 (US); *David Neill & I. Hurtado 8781 (US); Pará, Alto dos Tapajós, Rio Cururu - William R. Anderson 11009 -16/2/1974 (R);
6. *Paullinia caloptera* Radlk. - Pará, Alto dos Tapajós, Rio Cururu - William R. ♀ Anderson 11009 -16/2/1974 (R); *R. J. Burnham *et al.* 1637 (US); Randy Evans & Heather Peckham 2976 (US); B. Hammel *et al.* (US) 21299
7. *Paullinia carpopoda* Cambess. - Paraná, Brasil - P. Dusen 4372 - 5/04/1904 (R); Serra do Itatiaia, Rio de Janeiro - ♀ A. J. Sampaio 4115 - 4/1926 (R); Brasil, Estado do Rio de Janeiro, Teresópolis, Granja Mafra - L. D' A. *Freire de Carvalho 569 - 28/05/1977 (RBR).
8. *Paullinia castaneifolia* Radlk.- Reserva Floresta Adolfo Ducke, Manaus, Itacoatiara, km26 - Assunção, P.A.C.L. 410 & Silva, C.F. -18/10/1996 (INPA).
9. *Paullinia cearensis* Somner & Ferrucci - Capoeira da Mata, Sítio Santo Antônio Mervoca – CE - ♀*A. Fernandes e P. Martins - 25/02/1981 (RBR).
10. *Paullinia clathrata* Radlk. - 169799 (INPA)

11. *Paullinia clavigera* Schldl. - ♀Molina A. A. (26/8/1955) (US), Guareco, I. 100 (30/7/1994) (US). *Guillen, R. & Chore Schlechtd, R. 2904 (19/01/1995)(US);
12. *Paullinia coriacea* Casar. Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ - Luiz Emygdio 5833 (R);*Paixão 481, T. Ronno - 4/1996 (R); ♀H. Monteiro 4122 - 19/02/1953 (RBR).
13. *Paullinia costaricensis* Radlk. – Mun. Ubatuba, Picinguaba - *A.Furlan 457 - 10/04/88 (RBR); ♀Barra da Tijuca – RJ - Marcos Kogan - 08/04/1963 (RBR);
14. *Paullinia cristata* Radlk. – Brasil, Rio de Janeiro, Maricá - *Pinheiro *et al.* 505 - 07/01/89 (R);
15. *Paullinia cupana* Kunth. – Manaus - *A. Ducke 582 (R); ♀ 18433 (RBR); 186334 (RBR); 129837 (R).
16. *Paullinia cururu* L. - *B. Sterglos & E. Reyes 686 (6/VI/1984) (US); L. Aristeguieta *et al.* 7187 (VII/ 1969) (US); G. Aymard & Nidia Cuello 5646 (25/04/1987)
17. *Paullinia dasygonia* Radlk. Mondaí - Rio das Antas - L.B. Smith 9756 02/01/1957 (R).
18. *Paullinia dasyphylla* Radlk. - Corumbá, Mato Grosso – Brasil - F. C. Hoehne 3979 (R).
19. *Paullinia dasystachya* Radlk. - G.T. Prance, J.R. Steward, J.F. Ramos & L.G. Farias 9323 - 17/01/1969 (R).
20. *Paullinia elegans* Cambess. - Brasil, Bahia - ♀Gerrit Davidse e W.G.D'Arcy 11995 (RBR); Piracicaba – SP - Dezembro de 2006 (RBR); *Brasil, Bahia, Cachoeira: Barragem de Bananeiras. - A.M. Amorim 3803, M. Belgrano & J. Paixão - 25/11/2003 (RBR)
21. *Paullinia elongata* Radlk. - José Schuncke V. 2333 (US); Jose M. Schuncke 37 (US); ♀G. Klug 2323 (US); *J. Cuatrecasas 23832 (US).

22. *Paullinia ferruginea* Casar. - Estação Biológica de Caratinga, Fazenda Montes Claros, Caratinga – MG - J.A. Lombardi 3609 (RBR).
23. *Paullinia fibulata* Rich. ex Juss. – Rio de Janeiro, Rio das Ostras, Restinga da Praia Virgem – Brasil - H. do N. Braga 712 - 14/12/99 (R).
24. *Paullinia fuscescens* Kunth - Panama, vicinit of Panamá, J.F.Macbride 2674 (24/02/1923) (US).
25. *Paullinia fusiformis* Radlk. - Mun. Petrópolis, RJ - O.C Goes e Dionisio 474- 4/1944 (RBR)*; ♀ Teresópolis, Rio de Janeiro - A. Sampaio 2396 -01/5/1917 (R).
26. *Paullinia hystrix* Radlk. – Peru, Barbour, P.J. 5754 (US); Foster, R. 3289 (US); *Acevedo - Rdgz, P. 14408 (20/08/2004) (US).
27. *Paullinia imberbis* Radlk. - Mato Grosso, F.C. Hoehne 2120- 12/1918 (R); Froes, R. 1704 (28/04/1932) (NY); Baléc, *W.L.V Ribeiro B.G 1882 (4/11/1985) (NY).
28. *Paullinia ingifolia* Rich. ex Juss. - Clarke, D. 7321 (US)*; Acevedo - Rdge *et al.* 8121 (US); ♀ R. B. Williams 1456 (US);
29. *Paullinia isoptera* Radlk. Reserva Florestal Adolfo Ducke, Itacoatiara – Manaus - Assunção, P.A.C.L. 517 - 11/06/1997 (INPA);
30. *Paullinia jamaicensis* Macfad. M. Silva & R. Souza 2217 (US).
31. *Paullinia latifolia* Benth. ex Radlk. - Amazonas, Manaus - Schwacre 240 - 15/04/1882 (R).
32. *Paullinia marginata* Casar. - Mun. Petrópolis, Estrada do Rio – RJ - *H. Monteiro 1831 - 27/04/1938 (RBR); Inhomirim - RJ, Brasil – Siqueira (R).

- 33.** *Paullinia mellifolia* Juss. - Rio de Janeiro – Brasil - *Schwacke 7143 / 3339 -1886 (R); Espírito Santo, REEVE, Brasil - ♀ José Vidal 11 - 10/XII/2002 (R); Rio de Janeiro, Rio das Ostras, Restinga da Praia Virgem – Brasil - H. do N. Braga 712 - 14/12/99 (R).
- 34.** *Paullinia micrantha* Cambess. - Brasil, Mun. Silva Jardim, Reserva Biológica de Poço das Antas - L. Sylvestre *et al.* 997 - 22/02/1994 (RBR)*; Sítio da Estrada de Rio Doce - C.G.Leal 125, Octavio - 23/06/1950 (RBR)
- 35.** *Paullinia paullinioides* Radlk – Peru, Killip, E.P. & Smith, A.C (US).
- 36.** *Paullinia pinnata* L. - Proc. Brasil – SP -? 573 (R); ♀36471 (R); Proc. Areia – Paraíba - Oton Diongene - 10/1937 - Herb. Jaime Marais Vasconcelos nº 475; Serra de Maranguape, Ceará – Brasil - *Z. Trinta 1267 *et al.* - 23/01/1968 (R).
- 37.** *Paullinia plagioptera* Radlk - Hoff.M. 7280 (US); *Andel, T.R. van *et al.* 4363(26/XI/2003) (US).
- 38.** *Paullinia platymisca* Radlk. – 186337 (R); Rio Jiparaná (Rio Machado) – Rondônia - *J.L. Zarucchi, M.G. Vieira, *et al.* (R).
- 39.** *Paullinia pseudota* Wawra - Recreio dos Bandeirantes - * Luiz 855 - 01/1935 (R); Carmo - Margens do Raquequer - Leg. Neves Armond (R).
- 40.** *Paullinia revoluta* Radlk. - Área 157 da Aracruz Celulose. S.A Município Conceição da Barra - O.J. Pereira 3131 - 26/03/1992 (RBR); Brasil, ES, S. Mateus, Bairro Liberdade, Restinga. - *A.G. Oliveira 54 & M.B Faria - 14/04/2007 (RBR); Reserva Florestal de Linhares – ♀ES- D. A. Folli 3445 - 23/06/1999 (RBR).
- 41.** *Paullinia rhizantha* Poepp. & Endl. - William R. Anderson, 15005 (R)
- 42.** *Paullinia rhomboidea* Radlk. - Sapopema, Paraná C.Medri, V.F.Kimupp & *E.M.Francisco - 22/01/1998 (RBR); 102635 (R); 102635 (R).

43. *Paullinia aff riparia* (Spruce) Radlk. Estr. Rio Branco, Quixadá, Acre - Bruce Nezson 823 - 26/10/1980 (R).
44. *Paullinia rubiginosa* Cambess. - Serra de Friburgo, Rj – 129773 (R); Viçosa, MG - H. S. Irwin 2049 (R); Campos Palmiras, Minas Gerais - *A. Sampaio 481 -12/12/1905 (R).
45. *Paullinia rufescens* Rich. ex Juss. - Amazonas, Manaus -Schwacre 375 (R); Estr. Rio Branco, Quixadá, Acre - *Bruce Nezson 823 - 26/10/1980 (R).
46. *Paullinia rugosa* Benth. ex Radlk. - Amazonas, Manaus, Entre Turumã e turumanzinho - *E. Fromm 1513, E. M. Santos 1535, Sacco 1770, Z. trinta 439 - 27/01/1963 (R); ♀Manaus Aeixo, Capoeira Velha - A. Ducre 900 (R).
47. *Paullinia seminuda* Radlk. - Brasil, São Paulo, Piassaguera - *F. C. Hoehne - 23/10/1923 (R); ♀Santa Catarina Blumenau - Schwacke 230 - 18/8/1884 (R).
48. *Paullinia spahaerocarpa* Rich. ex Juss. - mazonas, Manaus, Entre Turumã e turumanzinho - E. Fromm 1550, 49908 (IAN)
49. *Paullinia spicata* Benth. - 35673 (IAN); 26538 (RBR); Brasil, Rio de Janeiro, Serra de Friburgo, Margens do Macacu - 2/1883 25642 (*RBR)
50. *Paullinia sprucei* J.F. Macbr. - Bosque Alto, Caminho de Shunté, Maiscal Caceres – Peru; Schwacke 3858 - 12/03/1970 (R).
51. *Paullinia stipularis* Benth. ex Radlk. - Rio Moa, Igararé Ipiranga & Aquidabã - *Trance *et al.* - 18/04/1971 (R); Porangaba, Rio Juruá-Mirim, Acre - W.C.Steward., J.f. Ramos, W. S. Pinheiro & J.F. Lima (R).
52. *Paullinia subcordata* Benth. ex Radlk. - Brasil, AM, Manaus - Schwacke 208 - 09/4/1882 (R).
53. *Paullinia subnuda* Radlk. – Brasil, ES, S. Mateus 15006 (R).

54. *Paullinia ternata* Radlk. - Brasil, Rio de Janeiro, Serra de Friburgo 41523 (R)
55. *Paullinia thalictrifolia* Radlk. – ♀ 15930 (R); Campo Grande, Rio de Janeiro - *Rangel & Schwacke (R); E. Santos 355 (28/III/2010) (RB)
56. *Paullinia trigonia* Vell. - ♀ P.P. Horta Laclette - II/1943 (R); Florianópolis, Santa Catarina, *129687 (R); Serra da Estrela, 129679 (R).
57. *Paullinia turbacensis* Radlk. 8276 (R). Seropédica, Campo Lindo, Rua José Eleotério, 50 m do alambique 129679 (R).
58. *Paullinia uloptera* Radlk. PARANA: Saquarema, Município Morretes, Paranaguá, BR 277 - Al Gentry & Elsa Zardini 49857 - 25/01/1985 (RBR);
59. *Paullinia verrucosa* Radlk. Amazonas, Manaus -Schwacre 378 (R);
60. *Paullinia weinmanniifolia* Mart. - Restinga de Casimiro de Abreu – RJ - ♀ R. Esteves & V. Esteves 128 - 21/04/83 (R); Brasil, Rio de Janeiro, Cabo Frio - *Rosemary Sampaio 123 & Luiz Emygdio 5620 = 25/03/1993 (R); Restinga de Maricá – RJ - A. Souza 1805 *et al.* - 3/10/2013 (R);

Tabela 1. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista equatorial de espécies de *Paullinia* (n=10). DP = Diâmetro polar, DE = diâmetro equatorial e P/E = relação entre diâmetro polar e equatorial.

Espécies	DP		DE		P/E	Forma
	Faixa de Variação	\bar{x}	Faixa de Variação	\bar{x}		
Seção I. <i>Neurotoechus</i>						
<i>P. alata</i>	25,0-32,5	30,0	37,5-42,5	40,0	0,75	suboblata
<i>P. bracteosa</i>	20,0-30,0	27,0	45,0-52,5	48,8	0,55	oblata
<i>P. clavigera</i>	15,0-20,0	17,5	30,0-35,0	32,5	0,54	oblata
<i>P. cururu</i>	20,0-22,5	21,8	37,5-42,5	38,5	0,56	oblata
<i>P. elegans</i>	27,5-32,5	30,7	42,5-52,5	47,7	0,64	oblata
<i>P. imberbis</i>	25,0-32,0	28,7	37,5-40,0	38,7	0,75	suboblata
<i>P. pinnata</i>	22,5-27,5	25,3	37,5-42,5	40,2	0,63	oblata
<i>P. rhizanta</i>	22,5-30,0	25,8	32,5-37,5	36,0	0,72	oblata
<i>P. spicata</i>	22,5-27,5	24,3	40,0-45,0	41,8	0,58	oblata
Seção II. <i>Diphtherotoechus</i>						
<i>P. castaneifolia</i>	22,5-25,0	24,0	32,5-42,5	37,5	0,64	oblata
<i>P. rubiginosa</i>	27,5-30,0	29,2	41,2-42,5	42,2	0,69	oblata
<i>P. seminuda</i>	15,0-25,0	19,8	32,5-37,5	35,3	0,56	oblata
<i>P. stipularis</i>	25,0-30,0	27,0	47,5-52,0	50,0	0,54	oblata
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>						
<i>P. cearensis</i>	16,0-18,0	17,0	30,0-32,0	31,0	0,55	oblata
<i>P. costaricensis</i>	22,5-25,0	23,8	40,0-41,3	40,6	0,58	oblata
<i>P. cupana</i>	32,5-37,5	35,0	50,0-57,5	55,0	0,63	oblata
<i>P. ferruginea</i>	30,0-32,5	31,2	47,5-48,7	48,1	0,64	oblata

continuação

Tabela 1. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista equatorial de espécies de *Paullinia* (n=10). DP = Diâmetro polar, DE = diâmetro equatorial e P/E = relação entre diâmetro polar e equatorial.

	DP		DE		P/E	Forma
	Faixa de Variação	\bar{x}	Faixa de Variação	\bar{x}		
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>						
<i>P. fusiformis</i>	22,5-31,2	26,2	36,2-43,7	40,0	0,65	oblata
<i>P. jamaicensis</i>	17,5-20,0	18,9	35,0-37,5	36,8	0,52	oblata
<i>P. latifolia</i>	20,0-22,5	21,5	30,0-32,5	31,8	0,68	oblata
<i>P. rugosa</i>	32,5-35,0	33,3	52,5-57,5	55,0	0,60	oblata
<i>P. subcoradata</i>	17,5-21,3	19,3	35,0-37,5	36,4	0,53	oblata
Seção IV. <i>Pachytoechus</i>						
<i>P. bicorniculata</i>	27,5-35,0	30,5	40,0-47,5	43,9	0,69	oblata
<i>P. carpopoda</i>	25,0-27,5	26,2	42,5-47,5	43,5	0,60	oblata
<i>P. ingifolia</i>	24,0-26,0	25,0	34,0-36,0	35,0	0,71	oblata
<i>P. marginata</i>	25,0-27,5	25,7	37,5-42,5	39,5	0,65	oblata
<i>P. platymisca</i>	22,5-26,2	24,3	37,5-41,3	39,3	0,62	oblata
Seção V. <i>Enourea</i>						
<i>P. clathrata</i>	32,5-45,0	27,3	40,0-45,0	42,3	0,64	oblata
<i>P. elongata</i>	32,5-35,0	33,5	47,5-55,0	50,5	0,66	oblata
<i>P. sphaerocarpa</i>	22,5-27,5	25,5	37,5-45,0	40,8	0,63	oblata
Seção VI. <i>Castanella</i>						
<i>P. histryx</i>	37,5-40,0	38,9	47,5-50,0	48,9	0,79	suboblata
<i>P. paullinioides</i>	30,0-37,5	33,0	42,5-45,0	43,8	0,75	suboblata
<i>P. aff riparia</i>	37,5-40,0	39,0	62,5-67,5	65,8	0,59	oblato
<i>P. sprucei</i>	45,0-50,0	47,3	60,0-65,0	62,0	0,76	suboblata

Continuação

Tabela 1. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista equatorial de espécies de *Paullinia* (n=10). DP = Diâmetro polar, DE = diâmetro equatorial e P/E = relação entre diâmetro polar e equatorial.

Espécies	DP		DE		P/E	Forma
	Faixa de Variação	\bar{x}	Faixa de Variação	\bar{x}		
continuação						
Seção VII. <i>Xyloptilon</i>						
<i>P. turbacensis</i>	25,0-27,5	26,4	50,0-52,5	51,4	0,51	oblata
Seção VIII. <i>Neuroptilon</i>						
<i>P. plagioptera</i>	17,5-22,5	20,5	32,5-40,0	35,0	0,59	oblata
Seção IX. <i>Cryptoptilon</i>						
<i>P. verrucosa</i>	27,5-32,5	30,0	42,5-51,3	47,1	0,63	oblata
Seção X. <i>Anisoptilon</i>						
<i>P. fibulata</i>	25,0-27,5	25,8	37,5-40,0	38,9	0,66	oblata
Seção XI. <i>Isoptilon</i>						
<i>P. isoptera</i>	17,5-22,5	19,8	35,0-40,0	37,8	0,52	oblata
<i>P. rufescens</i>	20,0-22,5	21,1	32,5-35,0	33,9	0,62	oblata
Seção XII. <i>Caloptilon</i>						
<i>P. alsmithii</i>	22,5-25,0	23,7	40,0-45,0	42,5	0,55	oblata
<i>P. barbadensis</i>	17,5-22,5	19,0	32,5-37,5	34,8	0,55	oblata
<i>P. caloptera</i>	22,5-27,5	24,2	40,0-45,0	43,2	0,56	oblata
<i>P. dasyphylla</i>	27,5-30,0	28,9	47,5-50,0	48,9	0,59	oblata
<i>P. dasystachya</i>	25,0-27,5	25,5	37,5-42,5	39,7	0,64	oblata
<i>P. fuscescens</i>	22,5-30,0	24,8	37,5-40,0	38,4	0,64	oblata
<i>P. mellifolia</i>	27,5-30,0	28,5	50,0-52,0	51,0	0,56	oblata

continuação

Tabela 1. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista equatorial de espécies de *Paullinia* (n=10). DP = Diâmetro polar, DE = diâmetro equatorial e P/E = relação entre diâmetro polar e equatorial.

Espécies	DP		DE		P/E	Forma
	Faixa de Variação	\bar{x}	Faixa de Variação	\bar{x}		
continuação						
Seção XII. <i>Caloptilon</i>						
<i>P. subnuda</i>	20,0-22,5	21,7	30,0-37,5	33,5	0,65	oblata
<i>P. ternata</i>	17,5-25,0	21,0	27,5-35,0	31,8	0,66	oblata
Seção XIII. <i>Phygoptilon</i>						
<i>P. coriacea</i>	22,5-27,5	25,0	37,5-42,5	40,0	0,62	oblata
<i>P. cristata</i>	25,0-32,5	28,8	37,5-42,5	41,0	0,70	oblata
<i>P. dasygonia</i>	20,0-27,5	22,5	32,5-37,5	35,0	0,64	oblata
<i>P. micrantha</i>	17,5-21,2	19,5	30,0-35,0	32,2	0,60	oblata
<i>P. pseudota</i>	20,0-25,0	22,3	27,5-37,5	35,3	0,63	oblata
<i>P. revoluta</i>	25,0-30,0	26,5	37,5-47,5	42,0	0,63	oblata
<i>P. rhomboidea</i>	22,5-27,5	24,7	40,0-45,0	43,0	0,57	oblata
<i>P. thalictrifolia</i>	17,5-23,7	20,5	28,7-38,7	34,2	0,60	oblata
<i>P. trigonia</i>	25,0-27,5	26,0	35,0-37,5	36,2	0,71	oblata
<i>P. uloptera</i>	25,0-30,0	26,3	35,0-42,5	39,5	0,66	oblata
<i>P. weinmanniifolia</i>	22,5-25,0	24,0	35,0-40,0	37,7	0,60	oblata

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP).

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)			IAP	Área Polar
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%		
Seção I. <i>Neurotoechus</i>								
<i>P. alata</i>	32,5-37,5	35,2 \pm 0,4	34,4-36,0	22,5-32,5	27,0 \pm 0,6	25,8-28,2	0,76	Muito grande
<i>P. bracteosa</i>	41,2-45,0	43,5 \pm 0,3	43,0-44,1	25,0-30,0	28,6 \pm 0,4	27,8-29,4	0,55	Grande
<i>P. clavigera</i>	27,5-32,5	30,0 \pm 0,4	29,3-30,7	20,0-25,0	22,5 \pm 0,4	21,8-23,2	0,75	Muito grande
<i>P. cururu</i>	32,5-42,5	36,2 \pm 0,5	35,1-37,3	27,5-35,0	31,3 \pm 0,4	30,5-32,1	0,86	Muito grande
<i>P. elegans</i>	42,5-47,5	44,8 \pm 0,4	44,0-45,6	35,0-40,0	37,5 \pm 0,4	36,7-38,3	0,84	Muito grande
<i>P. imberbis</i>	35,0-37,5	37,0 \pm 0,2	36,6-37,4	30,0-35,0	33,6 \pm 0,3	32,9-34,3	0,91	Muito grande
<i>P. pinnata</i>	35,0-40,0	37,4 \pm 0,4	36,6-38,2	27,5-32,5	30,8 \pm 0,4	36,6-38,2	0,82	Muito grande
<i>P. rhizanta</i>	30,0-35,0	32,9 \pm 0,5	32,0-33,9	25,0-32,5	28,6 \pm 0,5	27,5-29,7	0,87	Muito grande
<i>P. spicata</i>	32,5-40,0	37,1 \pm 0,4	36,3-37,9	25,0-35,0	30,5 \pm 0,6	29,2-31,8	0,82	Muito grande

Continuação

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP).

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)			IAP	Área Polar
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%		
Seção II. <i>Diphtherotoechus</i>								
<i>P. castaneifolia</i>	27,5-32,5	29,1 \pm 0,3	28,4-29,8	22,5-25,0	23,8 \pm 0,3	23,3-24,3	0,82	Muito grande
<i>P. rubiginosa</i>	42,5-50,0	45,4 \pm 0,4	44,5-46,3	37,5-45,0	41,5 \pm 0,4	40,6-42,4	0,91	Muito grande
<i>P. seminuda</i>	30,0-35,0	32,5 \pm 0,4	31,8-33,2	25,0-35,0	31,0 \pm 0,5	29,9-32,1	0,95	Muito grande
<i>P. stipularis</i>	42,5-50,0	46,6 \pm 0,5	37,7-39,9	35,0-42,5	38,8 \pm 0,5	37,7-39,9	0,83	Muito grande
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>								
<i>P. cearensis</i>	33,0-35,0	33,7 \pm 0,2	30,8-31,6	30,0-32,5	31,2 \pm 0,2	30,8-31,6	0,88	Muito grande
<i>P. costaricensis</i>	27,5-37,5	33,2 \pm 0,4	32,4-34,0	27,5-35,0	30,1 \pm 0,4	29,2-31,0	0,90	Muito grande
<i>P. cupana</i>	42,5-50,0	46,9 \pm 0,5	45,9-47,9	35,7-47,5	41,1 \pm 0,6	39,9-42,3	0,88	Muito grande
<i>P. ferruginea</i>	37,5-41,2	38,4 \pm 0,3	37,7-39,0	32,5-37,5	34,0 \pm 0,4	33,1-34,9	0,88	Muito grande
<i>P. fusiformis</i>	32,5-37,5	35,9 \pm 0,3	35,2-36,6	25,0-32,5	30,4 \pm 0,5	29,3-31,5	0,66	Grande
<i>P. jamaicensis</i>	32,5-41,3	37,7 \pm 0,4	36,9-38,4	27,5-37,5	32,2 \pm 0,5	31,1-33,2	0,85	Muito grande

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP). Continuação

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)			IAP	Área Polar
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	I.C. 95%		
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>								
<i>P. latifolia</i>	27,5-32,5	30,7 \pm 0,4	29,9-31,5	22,5-30,0	25,8 \pm 0,3	25,1-26,5	0,84	Muito grande
<i>P. rugosa</i>	41,2-48,7	43,9 \pm 0,4	43,1-44,7	32,5-35,0	33,2 \pm 0,5	43,1-44,7	0,80	Muito grande
<i>P. subcordata</i>	30,0-37,5	33,2 \pm 0,5	32,2-34,2	29,7-32,5	29,7 \pm 0,5	28,7-30,7	0,89	Muito grande
Seção IV. <i>Pachytoechus</i>								
<i>P. bicorniculata</i>	35,0-45,0	40,6 \pm 0,5	39,5-41,7	32,5-42,5	36,6 \pm 0,6	35,3-37,9	0,90	Muito grande
<i>P. carpopoda</i>	35,0-42,5	40,4 \pm 0,5	39,4-41,4	30,0-40,0	36,6 \pm 0,6	34,4-36,8	0,88	Muito grande
<i>P. ingifolia</i>	42,5-47,5	44,6 \pm 0,3	43,9 \pm 45,2	30,0-37,5	32,5 \pm 0,5	31,5-33,5	0,72	Muito grande
<i>P. marginata</i>	37,5-42,5	39,3 \pm 0,3	38,6-40,0	32,5-37,5	33,7 \pm 0,3	33,0-34,3	0,86	Muito grande
<i>P. platymisca</i>	42,5-46,3	44,5 \pm 0,3	44,0-45,0	37,5-41,3	39,5 \pm 0,3	39,0-40,0	0,89	Muito grande

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP).

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)				
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%	IAP	Área Polar
Seção V. <i>Enourea</i>								
<i>P. clathrata</i>	32,5-40	39,8 \pm 0,5	38,7-40,9	27,5-37,5	33,1 \pm 0,4	32,2-34,0	0,83	Muito grande
<i>P. elongata</i>	42,5-50,0	46,8 \pm 0,5	45,8-47,7	37,5-47,5	42,6 \pm 0,6	41,2-44,0	0,91	Muito grande
<i>P. sphaerocarpa</i>	35,0-40,0	37,0 \pm 0,4	36,2-37,8	25,0-27,5	25,9 \pm 0,2	22,5-27,5	0,89	Muito grande
Seção VI. <i>Castanella</i>								
<i>P. histryx</i>	40,0-50,0	47,2 \pm 0,52	46,11-48,3	37,5-47,5	42,3 \pm 0,5	41,1-43,4	0,90	Muito grande
<i>P. paullinioides</i>	37,5-42,5	41,0 \pm 0,4	40,2-41,9	32,5-37,5	35,0 \pm 0,5	34,0-35,9	0,85	Muito grande
<i>P. aff riparia</i>	25,0-30,0	27,3 \pm 0,3	26,6-27,9	20,0-23,8	22,0 \pm 0,3	21,5-22,5	0,81	Muito grande
<i>P. sprucei</i>	45,0-50,0	48,3 \pm 0,4	47,5-49,0	42,5-46,3	44,3 \pm 0,3	43,6-44,9	0,91	Muito grande
Seção VII. <i>Xyloptilon</i>								
<i>P. turbacensis</i>	42,5-50,0	46,8 \pm 0,5	45,7-47,6	37,5-45,0	41,8 \pm 0,5	40,7-42,9	0,89	Muito grande

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP).

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)			IAP	Área Polar
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%		
Seção VIII. Neuroptilon								
<i>P. plagioptera</i>	30,0-35,0	32,0 \pm 0,3	31,3-32,7	25,0-30,0	27,5 \pm 0,4	26,8-28,2	0,86	Muito grande
Seção IX. Cryptoptilon								
<i>P. verrucosa</i>	43,8-50,0	47,9 \pm 0,4	47,0-48,7	37,5-46,3	41,3 \pm 0,4	40,5	0,86	Muito grande
Seção X. Anisoptilon								
<i>P. fibulata</i>	35,0-45,0	40,4 \pm 0,6	39,1-41,7	32,5-37,5	35,5 \pm 0,5	34,5-36,5	0,88	Muito grande
Seção XI. Isoptilon								
<i>P. isoptera</i>	27,5-37,5	33,3 \pm 0,6	32,0-34,5	25,0-35,0	30,6 \pm 0,6	29,4-31,8	0,92	Muito grande
<i>P. rufescens</i>	31,3-40,0	36,5 \pm 0,5	35,5-37,6	27,5-35,0	31,5 \pm 0,5	30,4-32,7	0,86	Muito grande
Seção XII. Caloptilon								
<i>P. alsmithii</i>	37,5-45,0	39,4 \pm 0,5	38,4-40,4	32,5-40,0	34,9 \pm 0,5	33,9-35,9	0,88	Muito grande
<i>P. barbadensis</i>	27,5-35,0	31,4 \pm 0,4	30,7-32,1	25,0-32,5	28,7 \pm 0,4	27,8-29,6	0,91	Muito grande

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP).

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)			IAP	Área Polar
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s_x$	I.C. 95%		
Seção XII. <i>Caloptilon</i>								
<i>P. caloptera</i>	32,5-40,0	36,7 \pm 0,4	35,9-37,5	25,0-35,0	31,2 \pm 0,5	30,2-32,2	0,85	Muito grande
<i>P. dasyphylla</i>	42,5-47,5	45,0 \pm 0,4	44,3-45,7	37,5-42,5	40,0 \pm 0,4	39,3-40,7	0,88	Muito grande
<i>P. dasystachya</i>	37,5-40,0	39,0 \pm 0,3	38,5-39,5	30,0-37,5	34,5 \pm 0,4	33,6-35,4	0,88	Muito grande
<i>P. fuscescens</i>	37,5-42,5	39,0 \pm 0,4	38,2-39,8	30,0-37,5	33,6 \pm 0,4	32,8-34,3	0,86	Muito grande
<i>P. mellifolia</i>	42,5-53,7	46,0 \pm 0,6	44,8-47,2	30,0-41,2	38,3 \pm 0,5	37,3-39,3	0,83	Muito grande
<i>P. subnuda</i>	27,5-35,0	30,8 \pm 0,4	29,8-31,7	22,5-31,3	25,1 \pm 0,6	23,8-26,3	0,81	Muito grande
<i>P. ternata</i>	25,0-32,5	27,5 \pm 0,4	26,6-28,4	22,5-30,0	24,7 \pm 0,4	23,8-25,6	0,89	Muito grande
Seção XIII. <i>Phygoptilon</i>								
<i>P. coriacea</i>	27,5-35,0	31,4 \pm 0,4	30,6-32,2	25,5-32,5	27,9 \pm 0,4	27,1-28,7	0,88	Muito grande
<i>P. cristata</i>	35,0-45,0	37,9 \pm 0,5	36,9-38,8	30,0-40,0	33,1 \pm 0,5	32,1-34,1	0,87	Muito grande
<i>P. dasygonia</i>	22,5-30,0	25,9 \pm 0,4	25,1-26,7	22,6-24,4	23,5 \pm 0,5	22,5-24,4	0,91	Muito grande
<i>P. micrantha</i>	27,5-32,5	29,1 \pm 0,3	28,5-29,7	22,5-25,0	23,9 \pm 0,2	23,5-24,4	0,82	Muito grande

Tabela 2. Medidas (em μm) dos grãos de pólen em vista polar de espécies de *Paullinia* (n=25). s_x – desvio padrão da média; IC – intervalo de confiança; diâmetro equatorial em vista polar (DEVP); Lado do Apoporo (LA); índice da área polar (IAP). Continuação

Espécies	Diâmetro equatorial em vista polar (DEVP)			Lado do Apoporo (LA)			IAP	Área Polar
	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	I.C. 95%	Faixa de Variação	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	I.C. 95%		
Seção XIII. <i>Phygoptilon</i>								
<i>P. racemosa</i>	25,0-35,0	29,7 \pm 0,5	28,6-30,8	20,0-30,0	26,5 \pm 0,6	25,3-27,7	0,89	Muito grande
<i>P. revoluta</i>	32,5-40,0	36,5 \pm 0,4	35,6-37,4	25,0-35,0	30,3 \pm 0,5	29,2-31,4	0,83	Muito grande
<i>P. rhomboidea</i>	30,0-37,5	34,1 \pm 0,4	33,3-34,9	25,0-35,0	29,1 \pm 0,4	25,5-35,5	0,85	Muito grande
<i>P. thalictrifolia</i>	30,0-35,0	32,4 \pm 0,2	31,9-32,9	22,5-30,0	26,9 \pm 0,4	26,2-27,7	0,83	Muito grande
<i>P. trigonia</i>	27,5-32,5	30,0 \pm 0,3	29,4-30,7	20,0-27,5	24,0 \pm 0,3	23,3-24,7	0,80	Muito grande
<i>P. uloptera</i>	35,0-40,0	36,4 \pm 0,4	35,8-37,0	30,0-37,5	31,7 \pm 0,4	30,9-32,6	0,87	Muito grande
<i>P. weinmanniifolia</i>	27,5-35,0	31,9 \pm 0,4	31,0-32,8	22,5-27,5	25,5 \pm 0,3	24,8-26,2	0,80	Muito grande

Tabela 3. Número e medidas (em μm) das aberturas e das camadas da exina e dos grãos de pólen de espécies de *Paullinia* (n=10).

Espécies	Nº de Aberturas	Poros			Camadas da exina		
		D1	D2	Ânulo	exina	nexina	sexina
Seção I. Neurotoechus							
<i>P. alata</i>	3	6,5	7,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. bracteosa</i>	3	5,5	6,5	2,0	3,0	2,0	1,0
<i>P. clavigera</i>	3-4	8,0	6,0	2,0	1,5	1,5	0,5
<i>P. cururu</i>	3	5,0	6,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. elegans</i>	3	10,2	11,1	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. imberbis</i>	3	6,0	7,0	1,0	1,0	0,5	0,5
<i>P. pinnata</i>	3-4	11,0	12,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. rhizantha</i>	3	6,7	6,7	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. spicata</i>	3-4	10,8	11,4	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção II. Diphtherotoechus							
<i>P. castaneifolia</i>	3	10,0	9,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. rubiginosa</i>	3	10,0	11,0	1,0	1,0	0,5	0,5
<i>P. seminuda</i>	3	10	11	2,0	2,5	1,0	1,5
<i>P. stipularis</i>	3	9,0	11,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção III. Pleurotoechus							
<i>P. cearensis</i>	3	6,0	5,0	1,0	1,5	1,0	0,5
<i>P. costaricensis</i>	3	10,0	9,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. cupana</i>	3-4	10,0	10,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. ferruginea</i>	3	10,0	11,0	2,0	2,0	1,0	1,0

Continuação

Tabela 3. Número e medidas (em μm) das aberturas e das camadas da exina e dos grãos de pólen de espécies de *Paullinia* (n=10). Continuação

Espécies	Nº de Aberturas	Poros			Camadas da exina		
		D1	D2	ânulo	exina	nexina	sexina
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>							
<i>P. fusiformis</i>	3	11,1	10,8	2,0	2,5	0,5	1,5
<i>P. jamaicensis</i>	3	8,0	9,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. latifolia</i>	3	8,0	9,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. rugosa</i>	3	11,0	12,0	2,0	2,5	1,25	1,25
<i>P. subcordata</i>	3	10,0	10,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção IV. <i>Pachytoechus</i>							
<i>P. bicorniculata</i>	3-4	8,0	9,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. carpopoda</i>	3	9,5	11,0	1,5	2,0	1,0	1,0
<i>P. ingifolia</i>	3	6,0	8,0	1,0	1,0	0,5	0,5
<i>P. marginata</i>	3	11,0	10,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. platymisca</i>	3	10,0	11,0	2,0	3,0	2,0	1,0
Seção V. <i>Enourea</i>							
<i>P. clathrata</i>	3	12,0	12,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. elongata</i>	3	8,0	9,0	2,0	3,0	2,0	1,0
<i>P. sphaerocarpa</i>	3	7,0	9,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção VI. <i>Castanella</i>							
<i>P. histryx</i>	3	15,0	14	2,0	2,0	1,5	0,5
<i>P. paullinioides</i>	3-4	6,0	7,0	1,0	1,5	1,0	0,5
<i>P. aff riparia</i>	3	10,0	10,0	1,0	1,0	0,5	0,5
<i>P. sprucei</i>	3-4	14,0	14,0	1,0	2,0	1,0	1,0

Continuação

Tabela 3. Número e medidas (em μm) das aberturas e das camadas da exina e dos grãos de pólen de espécies de *Paullinia* (n=10). Continuação

Espécies	Nº de Aberturas	Poros			Camadas da exina		
		D1	D2	ânulo	exina	nexina	sexina
Seção VII. <i>Xyloptilon</i>							
<i>P. turbacensis</i>	3	7,0	9,0	1,0	2,0	1,0	1,0
Seção VIII. <i>Neuroptilon</i>							
<i>P. plagioptera</i>	3	6,0	7,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção IX. <i>Cryptoptilon</i>							
<i>P. verrucosa</i>	3-4	9,6	10,5	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção X. <i>Anisoptilon</i>							
<i>P. fibulata</i>	3	9,0	8,0	1,0	2,0	1,0	1,0
Seção XI. <i>Isoptilon</i>							
<i>P. isoptera</i>	3	8,0	9,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. rufescens</i>	3	6,0	7,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Seção XII. <i>Caloptilon</i>							
<i>P. alsmithii</i>	3	12,0	12,0	1,0	1,0	0,5	0,5
<i>P. barbadensis</i>	3-4	9,1	9,3	2,0	1,75	0,75	1,0
<i>P. caloptera</i>	3	10,4	9,1	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. dasyphylla</i>	3	7,0	9,0	1,5	1,0	0,5	0,5
<i>P. dasystachya</i>	3	9,0	10,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. fuscescens</i>	3	7,0	5,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. mellifolia</i>	3	13,0	14,0	1,0	1,0	0,5	0,5
<i>P. subnuda</i>	3	8,0	6,0	2,0	3,0	1,0	2,0
<i>P. ternata</i>	3	8,0	8,0	1,0	2,0	1,0	1,0

Continuação

Tabela 3. Número e medidas (em μm) das aberturas e das camadas da exina e dos grãos de pólen de espécies de *Paullinia* (n=10). Continuação

Espécies	Nº de Aberturas	Poros			Camadas da exina		
		D1	D2	ânulo	exina	nexina	sexina
Seção XIII. <i>Phygoptilon</i>							
<i>P. coriacea</i>	3	9,0	10,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. cristata</i>	3-4	8,0	9,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. dasygonia</i>	3-4	13,0	12,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. micrantha</i>	3	7,0	8,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. pseudota</i>	3	7,5	9,5	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. revoluta</i>	3	9,0	7,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. rhomboidea</i>	3-4	7,7	9,7	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. thalictrifolia</i>	3	9,7	11,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. trigonia</i>	3	8,5	10,5	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. uloptera</i>	3	7,0	8,0	2,0	2,0	1,0	1,0
<i>P. weinmanniifolia</i>	3-4	8,0	9,0	1,0	1,5	1,0	0,5

Tabela 4. Medidas (em μm) dos grãos de pólen, em vista polar, do material de comparação de espécies de *Paullinia* (n = 10).

Espécies	DEVP		LA		IAP	Área polar
	Faixa de variação	x	Faixa de variação	x		
Seção I. <i>Neurotoechus</i>						
<i>P. alata</i>						
<i>J. L. Zarucchi et al. 2750 (US)</i>	35,0-37,5	36,2	27,5-30,0	30,5	1,18	Muito grande
<i>H. Pitter 4736 (US)</i>	27,5-32,5	32,0	22,5-30,0	26,2	1,21	Muito grande
<i>P. bracteosa</i>						
<i>G. T. Prance et al. 4060</i>	40,0-45,0	41,7	25,0-30,0	28,6	0,71	grande
<i>P. clavigera</i>						
Guareco, I. 100 (30/7/1994) (US)	28,0-30,0	29,0	21,0-23,0	22,0	0,76	grande
<i>P. cururu</i>						
L. Aristeguieta et al. 7187 (US)	30,0-40,0	35,0	35,0-37,0	36,0	1,02	Muito grande
G. Aymard & Nidia Cuello 5646 (US)	33,0-44,0	40,0	36,0-39,0	38,0	0,95	Muito grande
<i>P. elegans</i>						
Gerrit Davidse e W.G.D'Arcy 11995 (RBR)	43,0-46,0	44,5	36,0-41,0	39,0	0,88	Muito grande
<i>P. imberbis</i>						
F.C. Hoehne 2120 (R)	30,0-35,0	32,5	35,0-30,0	28,0	0,86	Muito grande
Froes, R. 1704 (NY)	35,0-40,0	38,0	32,0-38,0	35,0	0,92	Muito grande
<i>P. pinnata</i>						
SP -? 573 (R)	36,0-42,0	40,5	25,0-30,0	28,0	0,94	Muito grande

Continuação

Tabela 4. Medidas (em μm) dos grãos de pólen, em vista polar, do material de comparação de espécies de *Paullinia* (n = 10).

Espécies	DEVP		LA		IAP	Área polar
	Faixa de variação	x	Faixa de variação	x		
<i>P. spicata</i>						
35673 (IAN)	32,5-42,5	36,2	27,5-35,0	31,3	0,86	Muito grande
26538 (RBR)	32,5-37,5	35,2	22,5-32,5	27,0	0,76	Muito grande
Seção II. <i>Diphtherotoechus</i>						
<i>P. rubiginosa</i>						
129773 (R)	42,5-50,0	44,6	30,0-37,5	32,5	0,73	Muito grande
H. S. Irwin 2049 (R)	41,2-48,7	43,9	32,5-35,0	33,2	0,76	Muito grande
<i>P. seminuda</i>						
Schwacke 230 (R)	32,0-36,0	35,0	26,0-37,0	30,5	0,87	Muito grande
<i>P. stipularis</i>						
W.C.Steward., J.f. Ramos, W. S. Pinheiro & J.F. Lima (R)	42,5-50,0	46,9	35,7-47,5	41,1	0,88	Muito grande
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>						
<i>P. cupana</i>						
186334 (RBR)	43,0-48,0	45,0	36,0-48,0	38,0	0,84	Muito grande
129837 (R)	44,5-50,0	48,0	38,0-42,0	40,0	0,83	Muito grande

Continuação

Tabela 4. Medidas (em μm) dos grãos de pólen, em vista polar, do material de comparação de espécies de *Paullinia* (n = 10).

Espécies	DEVP		LA		IAP	Área polar
	Faixa de variação	x	Faixa de variação	x		
Seção III. <i>Pleurotoechus</i>						
<i>P. fusiformis</i>						
A. Sampaio 2396	32,5-37,5	36,0	25,0-27,5	25,5	1,41	Muito grande
<i>P. rugosa</i>						
A. Ducre 900 (R)	40,20-47,5	45,0	33,0-38,0	35,0	0,78	Muito grande
<i>P. subcordata</i>						
Seção IV. <i>Pachytoechus</i>						
<i>P. carpopoda</i>						
P. Dusen 4372	32,5-42,5	37,5	22,5-25,0	24,0	1,56	Muito grande
<i>P. ingifolia</i>						
Acevedo - Rdge <i>et al.</i> 8121(US)	35,0-40,0	37,7	32,5-37,5	34,5	1,09	Muito grande
<i>P. marginata</i>						
Siqueira (R)	36,0-40,5	38,0	30,0-36,0	32,5	0,85	Muito grande
<i>P. platymisca</i>						
186337 (R)	44,5-48,3	46,0	39,5-43,3	42,0	0,91	Muito grande
Seção V. <i>Enourea</i>						
<i>P. elongata</i>						
G. Klug 2323 (US)	42,5-47,5	45,5	40,0-47,5	43,7	1,04	Muito grande

Continuação

Continuação

Tabela 4. Medidas (em μm) dos grãos de pólen, em vista polar, do material de comparação de espécies de *Paullinia* (n = 10).

Espécies	DEVP		LA		IAP	Área polar
	Faixa de variação	x	Faixa de variação	x		
Seção V. <i>Enourea</i>						
Jose M. Schuncke 37 (US)	43,0-48,5	46,0	40,0-45,5	43,0	0,93	Muito grande
Seção VI. <i>Castanella</i>						
<i>P. histryx</i>						
P.J. 5754 (US)	40,0-50,0	45,0	35,0-38,0	36,0	0,80	Muito grande
Foster, R. 3289 (US)	45,0-52,0	48,0	39,0-45,0	42,0	0,87	Muito grande
Seção VIII. <i>Neuroptilon</i>						
<i>P. plagioptera</i>						
Hoff.M. 7280 (US)	32,0-37,0	33,0	27,0-32,0	29,0	0,88	Muito grande
<i>P. rufescens</i>						
Schwacre 375 (R)	30,0-35,0	32,0	25,0-30,0	27,5	0,86	Muito grande
Seção XII. <i>Caloptilon</i>						
<i>P. alsmithii</i>						
G. F. Villa <i>et al.</i> 507 (US)	38,0-40,0	39,0	33,0-38,0	35,0	0,90	Muito grande
R. Liesner 24594 (US)	39,0-41,0	38,0	34,0-37,0	36,5	0,96	Muito grande
<i>P. caloptera</i>						
Randy Evans & Heather Peckham 2976(US)	33,0-39,0	35,0	27,0-31,0	30,5	0,87	Muito grande
B. Hammel <i>et al.</i> (US) 21299	34,0-38,5	36,5	38,0-30,0	31,0	0,85	Muito grande

Continuação

Tabela 4. Medidas (em μm) dos grãos de pólen, em vista polar, do material de comparação de espécies de *Paullinia* (n = 10).

Espécies	DEVP		LA		IAP	Área polar
	Faixa de variação	x	Faixa de variação	x		
Seção XIII. <i>Phygoptilon</i>						
<i>P. mellifolia</i>						
H. do N. Braga 712 (R).	43,5-52,0	50,0	33,0-40,0	35,0	0,70	Muito grande
Seção XIII. <i>Phygoptilon</i>						
<i>P. coriacea</i>						
Luiz Emygdio et al. 5833	32,5-33,7	32,7	22,5-28,7	25,0	1,31	Muito grande
<i>P. micrantha</i>						
C.G.Leal 125	27,5-32,5	29,7	20,0-22,5	22,4	1,33	Muito grande
<i>P. pseudota</i>						
Neves Armond (R)	23,0-32,0	25,0	20,0-26,0	22,0	0,88	Muito grande
<i>P. revoluta</i>						
O.J. Pereira 3131	30,0-45,0	40,0	26,0-37,0	32,0	0,80	Muito grande
<i>P. rhomboidea</i>						
102635 (R)	30,0-37,5	35,0	25,0-35,0	28,0	0,80	Muito grande
102635 (R)	32,5-40,0	36,5	30,0-37,5	32,0	0,88	Muito grande
<i>P. thalictrifolia</i>						
E. Santos 355 (RB)	30,0-35,0	33,0	20,0-30,0	28,0	0,85	Muito grande
<i>P. trigonia</i>						
129679 (R)	28,0-32,0	30,0	20,0-27,0	25,0	0,83	Muito grande
<i>P. weinmanniifolia</i>						
Souza 1805 et al.	27,5-37,5	33,7	22,5-25,0	23,7	1,4	Muito grande

Tabela 5. Matriz de dados quantitativos (métricos) e qualitativos (categóricos) de *Paullinia*.

Espécies	Abreviações	DP	DE	Poros (D1)	ânulo	exina	3-4 poros	DEVP	LA	costa	P/E	IAP
<i>P. alata</i>	<i>ala</i>	30	40	6,5	1	2	0	35,2	27	0	0,75	0,76
<i>P. bracteosa</i>	<i>bra</i>	27	48,8	5,5	2	3	0	43,5	28,6	1	0,55	0,55
<i>P. clavigera</i>	<i>clav</i>	17,5	32,5	8	2	1,5	1	30	22,5	0	0,54	0,75
<i>P. cururu</i>	<i>cur</i>	21,8	38,5	5	2	2	0	36,2	31,3	1	0,56	0,86
<i>P. elegans</i>	<i>ele</i>	30,7	47,7	10,2	2	2	0	44,8	37,5	0	0,64	0,84
<i>P. imberbis</i>	<i>imb</i>	28,7	38,7	6	1	1	0	37	33,6	0	0,75	0,91
<i>P. pinnata</i>	<i>pin</i>	25,3	40,2	11	2	2	1	37,4	30,8	1	0,63	0,82
<i>P. rhizantha</i>	<i>rhi</i>	25,8	36	6,7	2	2	0	32,9	28,6	1	0,72	0,87
<i>P. spicata</i>	<i>spi</i>	24,3	41,8	10,8	2	2	1	37,1	30,5	1	0,58	0,82
<i>P. castaneifolia</i>	<i>cas</i>	24	37,5	10	2	2	0	29,1	23,8	1	0,64	0,82
<i>P. rubiginosa</i>	<i>rub</i>	29,2	42,2	10	1	1	0	45,4	41,5	1	0,69	0,91
<i>P. seminuda</i>	<i>sem</i>	19,8	35,3	10	2	2,5	0	32,5	31	1	0,56	0,95
<i>P. stipularis</i>	<i>sti</i>	27	50	9	2	2	0	46,6	38,8	0	0,54	0,83
<i>P. cearensis</i>	<i>cea</i>	17	31	6	1	1,5	0	33,7	31,2	1	0,55	0,88
<i>P. costaricensis</i>	<i>cos</i>	23,8	40,6	10	2	2	0	33,2	30,1	1	0,58	0,9
<i>P. cupana</i>	<i>cup</i>	35	55	10	2	2	1	46,9	41,1	0	0,63	0,88
<i>P. ferruginea</i>	<i>fer</i>	31,2	48,1	10	2	2	0	38,4	34	0	0,64	0,88
<i>P. fusiformis</i>	<i>fus</i>	26,2	40	11,1	2	2,5	0	35,9	30,4	0	0,65	0,66
<i>P. jamaicensis</i>	<i>jam</i>	18,9	36,8	8	2	2	0	37,7	32,2	0	0,52	0,85
<i>P. latifolia</i>	<i>lat</i>	21,5	31,8	8	2	2	0	30,7	25,8	0	0,68	0,84
<i>P. rugosa</i>	<i>rug</i>	33,3	55	11	2	2,5	0	43,9	33,2	0	0,6	0,8
<i>P. subcordata</i>	<i>subc</i>	19,3	36,4	10	2	2	0	33,2	29,7	0	0,53	0,89
<i>P. bicorniculata</i>	<i>bic</i>	30,5	43,9	11,1	2	2	1	40,6	36,6	0	0,69	0,9

Tabela 5. Matriz de dados quantitativos (métricos) e qualitativos (categóricos) de *Paulinia*.

Espécies	Abreviações	DP	DE	Poros (D1)	ânulo	exina	3-4		LA	costa	P/E	IAP
							poros	DEVP				
<i>P. carpopoda</i>	<i>car</i>	26,2	43,5	8	2	2	0	40,4	36,6	0	0,6	0,88
<i>P. ingifolia</i>	<i>ing</i>	25	35	8	1	1	0	44,6	32,5	0	0,71	0,72
<i>P. marginata</i>	<i>mar</i>	25,7	39,5	11	2	2	0	39,3	33,7	0	0,65	0,86
<i>P. platymisca</i>	<i>pla</i>	24,3	39,3	10	3	3	0	44,5	39,5	0	0,62	0,89
<i>P. clathrata</i>	<i>clat</i>	27,3	42,3	12	2	2	0	39,8	33,1	0	0,64	0,83
<i>P. elongata</i>	<i>elo</i>	33,5	50,5	8	2	3	0	46,8	42,6	1	0,66	0,91
<i>P. sphaerocarpa</i>	<i>spha</i>	25,5	40,8	7	2	2	0	37	25,9	0	0,63	0,89
<i>P. histryx</i>	<i>his</i>	38,9	48,9	15	2	2	0	47,2	42,3	0	0,79	0,9
<i>P. paullinioides</i>	<i>pau</i>	33	43,8	6	1	1,5	1	41	35	0	0,75	0,85
<i>P. aff riparia</i>	<i>rip</i>	39	65,8	10	1	1	0	27,3	22	0	0,59	0,81
<i>P. sprucei</i>	<i>spr</i>	47,3	62	14	1	2	1	48,3	44,3	0	0,76	0,91
<i>P. turbacensis</i>	<i>tur</i>	26,4	51,4	7	1	2	0	46,8	41,8	0	0,51	0,89
<i>P. plagioptera</i>	<i>plag</i>	20,5	35	6	2	2	0	32	27,5	0	0,59	0,86
<i>P. verrucosa</i>	<i>ver</i>	30	47,1	9,6	2	2	1	47,9	41,3	0	0,63	0,86
<i>P. fibulata</i>	<i>fib</i>	25,8	38,9	9	1	2	0	40,4	35,5	0	0,66	0,88
<i>P. isoptera</i>	<i>iso</i>	19,8	37,8	8	2	2	0	33,3	30,6	1	0,52	0,92
<i>P. rufescens</i>	<i>ruf</i>	21,1	33,9	6	2	2	0	36,5	31,5	0	0,62	0,86
<i>P. alsmithii</i>	<i>als</i>	23,7	42,5	12	1	1	0	39,4	34,9	0	0,55	0,88
<i>P. barbadensis</i>	<i>bar</i>	19	34,8	9,1	2	1,75	1	31,4	28,7	0	0,55	0,91
<i>P. caloptera</i>	<i>cal</i>	24,2	43,2	10,4	1	2	0	36,7	31,2	1	0,56	0,85
<i>P. dasyphylla</i>	<i>dasyph</i>	28,9	48,9	7	1,5	1	0	45	40	1	0,59	0,88
<i>P. dasystachya</i>	<i>dasys</i>	25,5	39,7	9	1	2	0	39	34,5	0	0,64	0,88
<i>P. fuscescens</i>	<i>fusc</i>	24,8	38,4	7	1	2	0	39	33,6	0	0,64	0,86
<i>P. mellifolia</i>	<i>mell</i>	28,5	51	13	1	1	0	46	38,3	0	0,56	0,83

Tabela 5. Matriz de dados quantitativos (métricos) e qualitativos (categóricos) de *Paulinia*.

Espécies	Abreviações	DP	DE	Poros (D1)	ânulo	exina	3-4		DEVP	LA	costa	P/E	IAP
							poros						
<i>P. subnuda</i>	<i>subn</i>	21,7	33,5	8	2	3	0		30,8	25,1	0	0,65	0,81
<i>P. ternata</i>	<i>ter</i>	21	31,8	8	1	2	0		27,5	24,7	0	0,66	0,89
<i>P. coriacea</i>	<i>cor</i>	25	40	9	1	2	0		31,4	27,9	0	0,62	0,88
<i>P. cristata</i>	<i>cris</i>	28,8	41	8	1	2	1		37,9	33,1	0	0,7	0,87
<i>P. dasygonia</i>	<i>dasyg</i>	22,5	35	13	2	2	1		25,9	23,5	0	0,64	0,91
<i>P. micrantha</i>	<i>mic</i>	19,5	32,2	7	2	2	0		29,1	23,9	0	0,6	0,82
<i>P. pseudota</i>	<i>pseu</i>	22,3	35,3	7,5	2	2	0		29,7	26,5	0	0,63	0,89
<i>P. revoluta</i>	<i>revo</i>	26,5	42	9	2	2	0		36,5	30,3	0	0,63	0,83
<i>P. rhomboidea</i>	<i>rho</i>	24,7	43	7,7	2	2	1		34,1	29,1	0	0,57	0,85
<i>P. thalictrifolia</i>	<i>thal</i>	20,5	34,2	9,7	2	2	0		32,4	26,9	0	0,6	0,83
<i>P. trigonia</i>	<i>trig</i>	26	36,2	8,5	2	2	0		30	24	0	0,71	0,8
<i>P. uloptera</i>	<i>ulo</i>	26,3	39,5	7	2	2	0		36,4	31,7	0	0,66	0,87
<i>P. weinmanniifolia</i>	<i>wein</i>	24	37,7	8	1	1,5	1		31,9	25,5	0	0,6	0,8

Tabela 6. Variância cumulativa e valores dos vetores da análise de componente principal (PCA) utilizando caracteres palinológicos de *Paullinia*:

Eixo Principal	1	2
Variância Cumulativa (%)	51.647	14.544
Caracteres	Eixos	
Diâmetro polar (DP)	0.500	-0.326
Diâmetro equatorial (DE)	0.529	-0.222
Diâmetro do Poro (D1)	0.160	-0.255
Espessura do ânulo (ânulo)	-0.036	0.028
Exina	-0.014	0.032
3-4 poros	0.062	-0.448
Diâmetro equatorial em vista polar (DEVp)	0.473	0.375
Lado do apoporo (LA)	0.460	0.414
Costa	-0.031	0.512
Forma (P/E)	0.011	-0.021
Índice da área polar (IAP)	0.003	0.006

Tabela 7. Viabilidade, em porcentagem (%), dos grãos de pólen e média aritmética em mm das anteras dos estaminódios das flores femininas de *Paullinia* (n=20):

Espécies	Grãos de pólen (%)		Anteras	
	Viáveis	Não Viáveis	Comprimento	Largura
<i>P. alata</i>	30	70	0,54	0,35
<i>P. caloptera</i>	35	65	0,52	0,28
<i>P. carpopoda</i>	0	100	0,49	0,25
<i>P. cearensis</i>	17	83	0,50	0,30
<i>P. coriacea</i>	60	40	0,51	0,27
<i>P. cupana</i>	10	90	0,47	0,19
<i>P. elegans</i>	92	8	0,54	0,19
<i>P. elongata</i>	0	100	0,48	0,19
<i>P. fusiformis</i>	80	20	0,54	0,20
<i>P. ingifolia</i>	28	72	0,48	0,32
<i>P. mellifolia</i>	78	22	0,49	0,17
<i>P. pinnata</i>	35	65	0,46	0,13
<i>P. revoluta</i>	27	73	0,50	0,15
<i>P. rugosa</i>	10	90	0,43	0,36
<i>P. seminuda</i>	20	80	0,38	0,09
<i>P. thalict trifolia</i>	0	100	0,49	0,35
<i>P. trigonia</i>	10	90	0,50	0,18
<i>P. weinmanniifolia</i>	0	100	0,45	0,16

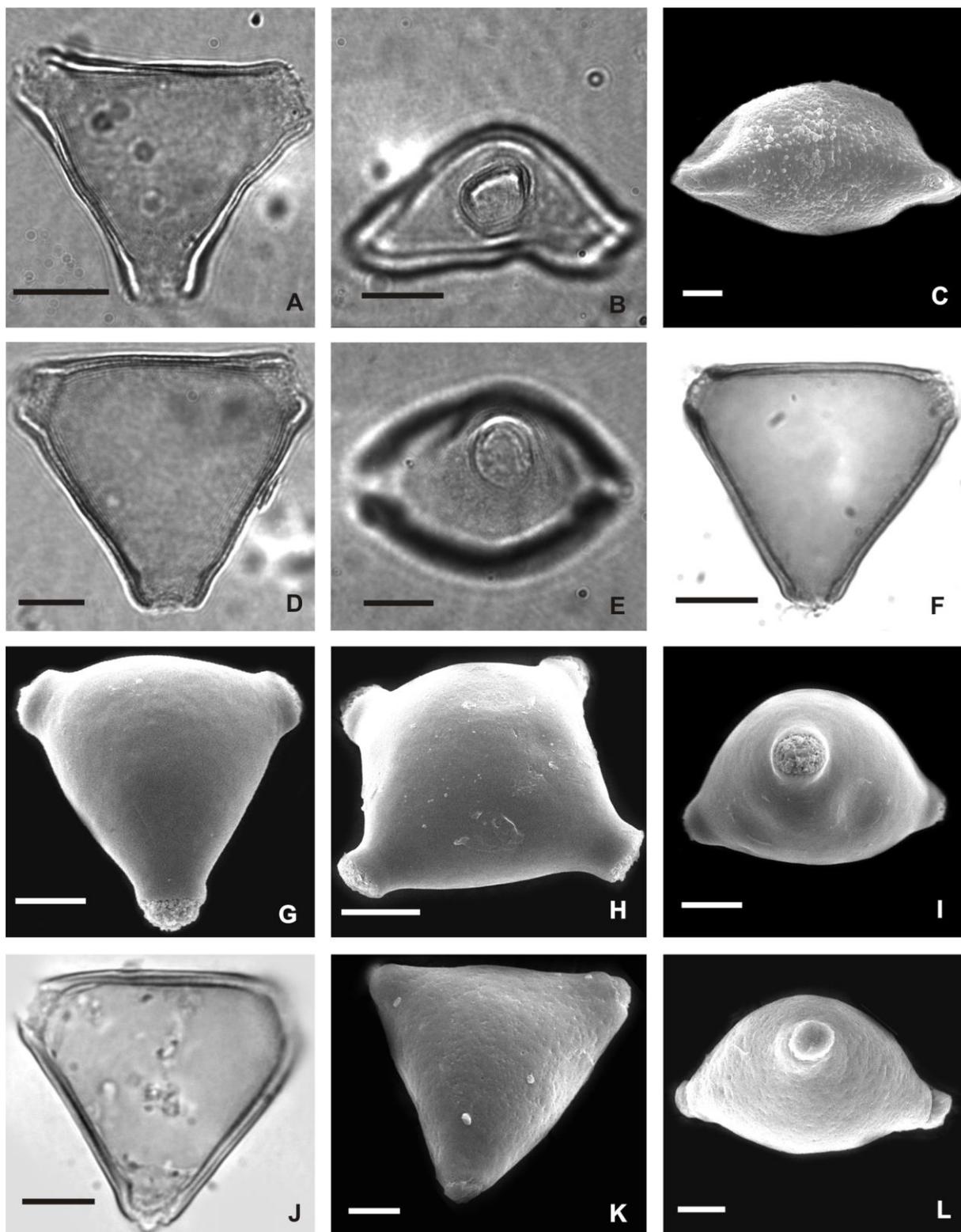


Figura 1. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. alata* A-B: A. vista polar: corte óptico B. vista equatorial: abertura C. Mesoporo, superfície (MEV). *P. bracteosa* D-E: D. vista polar: corte óptico E. vista equatorial: abertura. *P. clavigera* F-I: F. vista polar: corte óptico G. Apoporo, 3-porado (MEV) H. Apoporo, 4-porado (MEV) I. Vista equatorial: abertura (MEV). *P. cururu* J-L: J. Vista polar: corte óptico K. Apoporo, superfície (MEV) L. vista equatorial: abertura (MEV). Escalas: C, G, H, I, K e L = 5 μ m; A, B, D, E, F e J = 10 μ m.

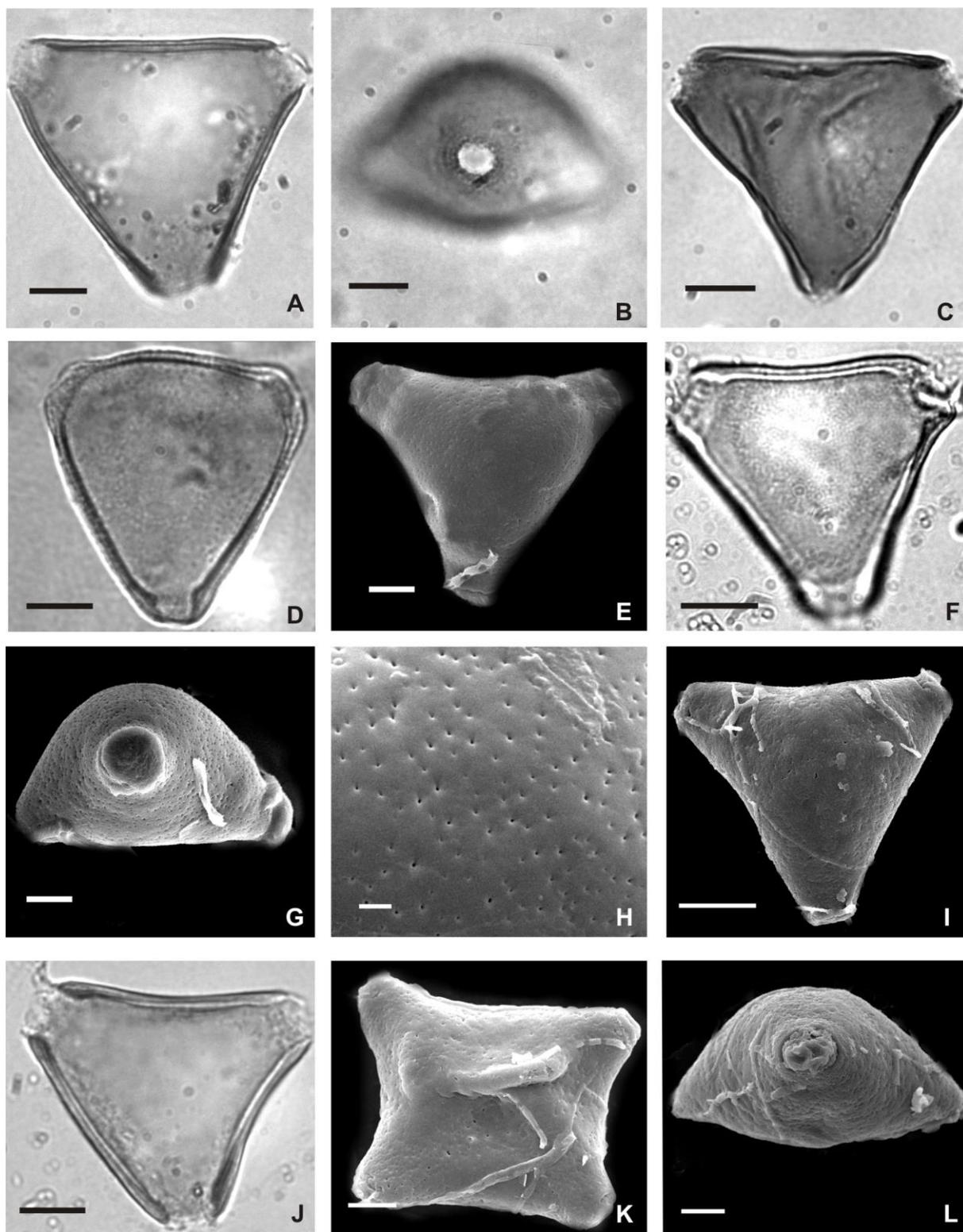


Figura 2. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. elegans* **A-B**: **A.** vista polar: corte óptico **B.** vista equatorial: abertura. *P. imberbis* **C.** vista polar: corte óptico. *P. pinnata* **D**: vista polar: corte óptico. *P. rizhanta* **E-H**. **E.** Vista polar: apoporo, superfície (MEV) **F.** corte óptico **G.** vista equatorial: detalhe da abertura (MEV) **H.** Detalhe da superfície (MEV). *P. spicata* **I-L**: **I.** vista polar: apoporo, 3-porado (MEV) **J.** Vista polar: corte óptico **K.** Apoporo, 4-porado (MEV) **L.** vista equatorial: abertura (MEV). Escalas: H = 1µm; E, G, K e L = 5µm; A, B, C, D, I, F, J = 10µm.

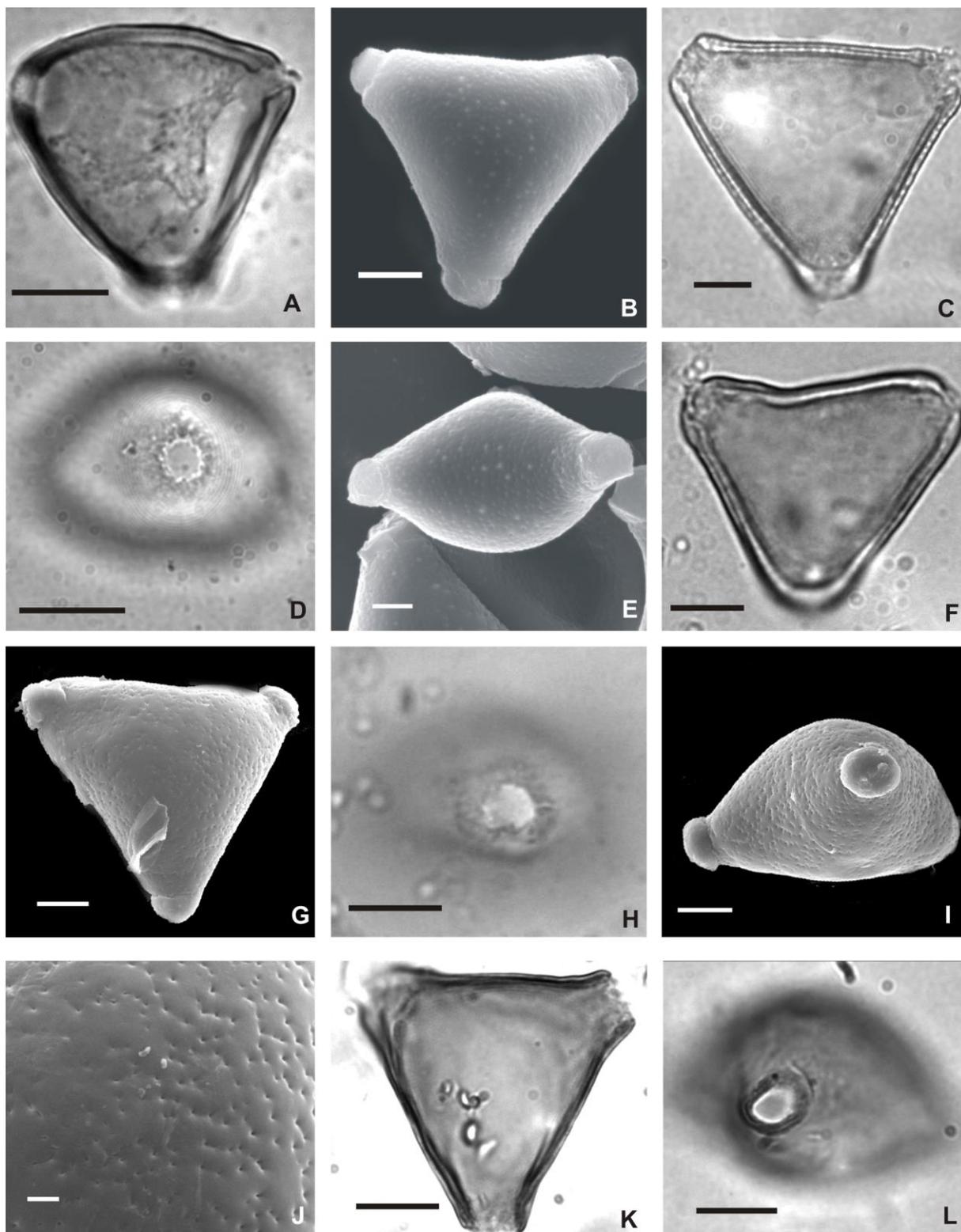


Figura 3. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. castaneifolia* A: A. vista polar: corte óptico. *P. rubiginosa* B-E: B. vista polar: apoporo, superfície (MEV) C. corte óptico D. vista equatorial: abertura E. Mesoporo (MEV). *P. seminuda* F-J: F. vista polar: corte óptico G. vista polar: apoporo, superfície (MEV). H. vista equatorial: aspecto geral I. Detalhe da abertura (MEV) J. Detalhe da superfície. *P. stipularis* K-L: K. Vista polar: corte óptico L. vista equatorial: abertura. Escalas: J = 1 μ m; B, E, G, I = 5 μ m; A, C, D, F, H, K, L = 10 μ m.

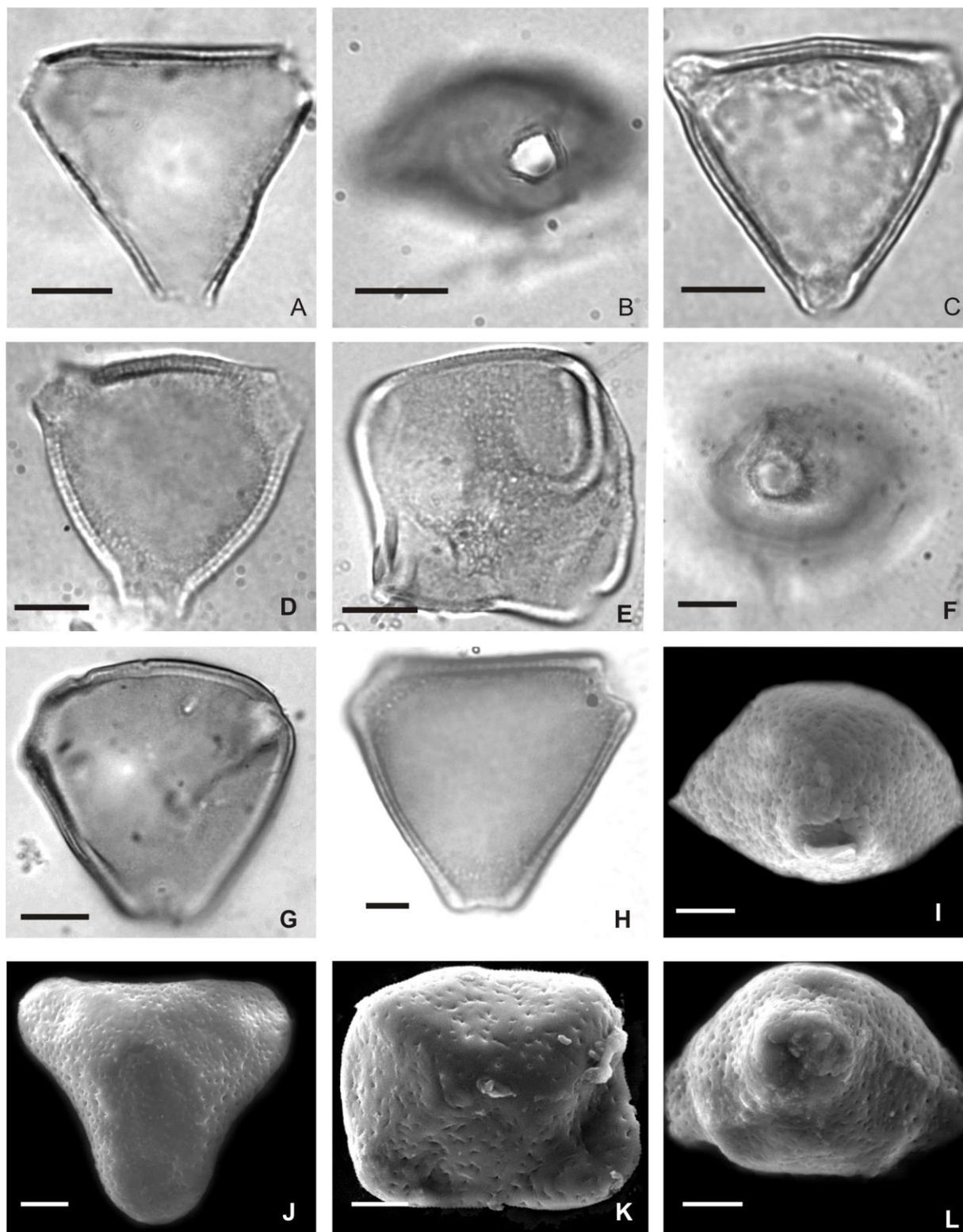


Figura 4. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. cearensis* **A-B**: **A.** vista polar: corte óptico. **B.** vista equatorial: abertura. *P. costaricensis* **C**: **C.** vista polar: corte óptico. *P. cupana* **D-F**: **D.** vista polar: corte óptico, 3-porado **E.** Apoporo, 4-porado **F.** vista equatorial: abertura. *P. ferruginea* **G**: **G.** vista polar: corte óptico. *P. fusiformis* **H-I**: **H.** vista polar: corte óptico. **I.** vista equatorial: abertura, superfície (MEV). *P. jamaicensis* **J-L**: **J.** vista polar: 3-porado, superfície (MEV) **K.** 4-porado **L.** vista equatorial: abertura vista equatorial: abertura (MEV). Escalas: I-L= 5 μ m; A-H = 10 μ m.

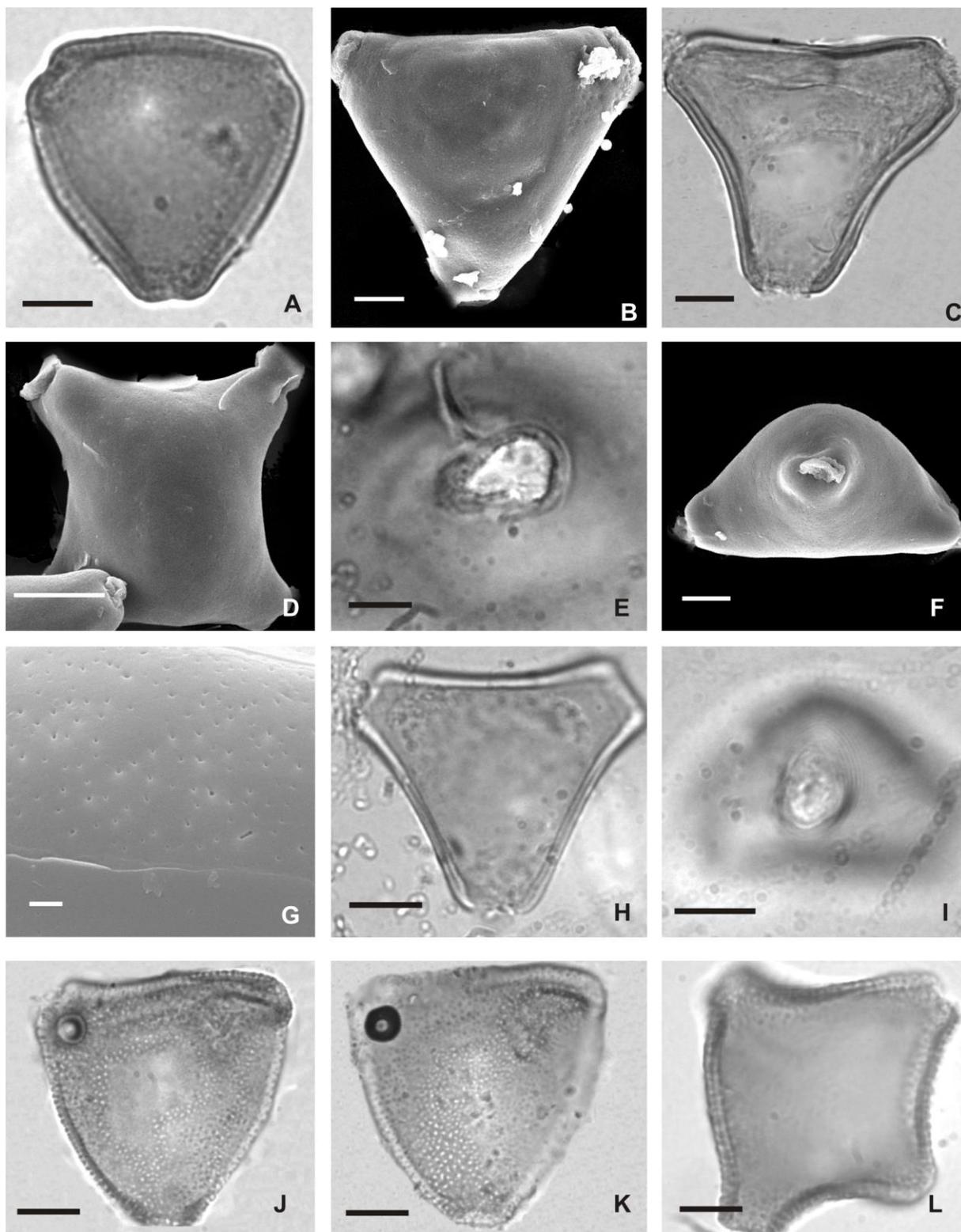


Figura 5. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. latifolia* A: A. vista polar: corte óptico. *P. rugosa* B-G: B. vista polar: apoporo, superfície (MEV) C. corte óptico, 3 porado D. 4-porado (MEV) E. vista equatorial: ânulo F. aspecto geral, abertura (MEV) G. superfície. *P. subcordata* H-I: H. vista polar: corte óptico I. vista equatorial: abertura. *P. bicorniculata* J-L: J-K. vista polar: 3-porado, L.O. L. corte óptico, 4-porado. Escalas: G= 1 μm ; B, E, F = 5 μm ; A, C, D, H, I, J, K, L = 10 μm .

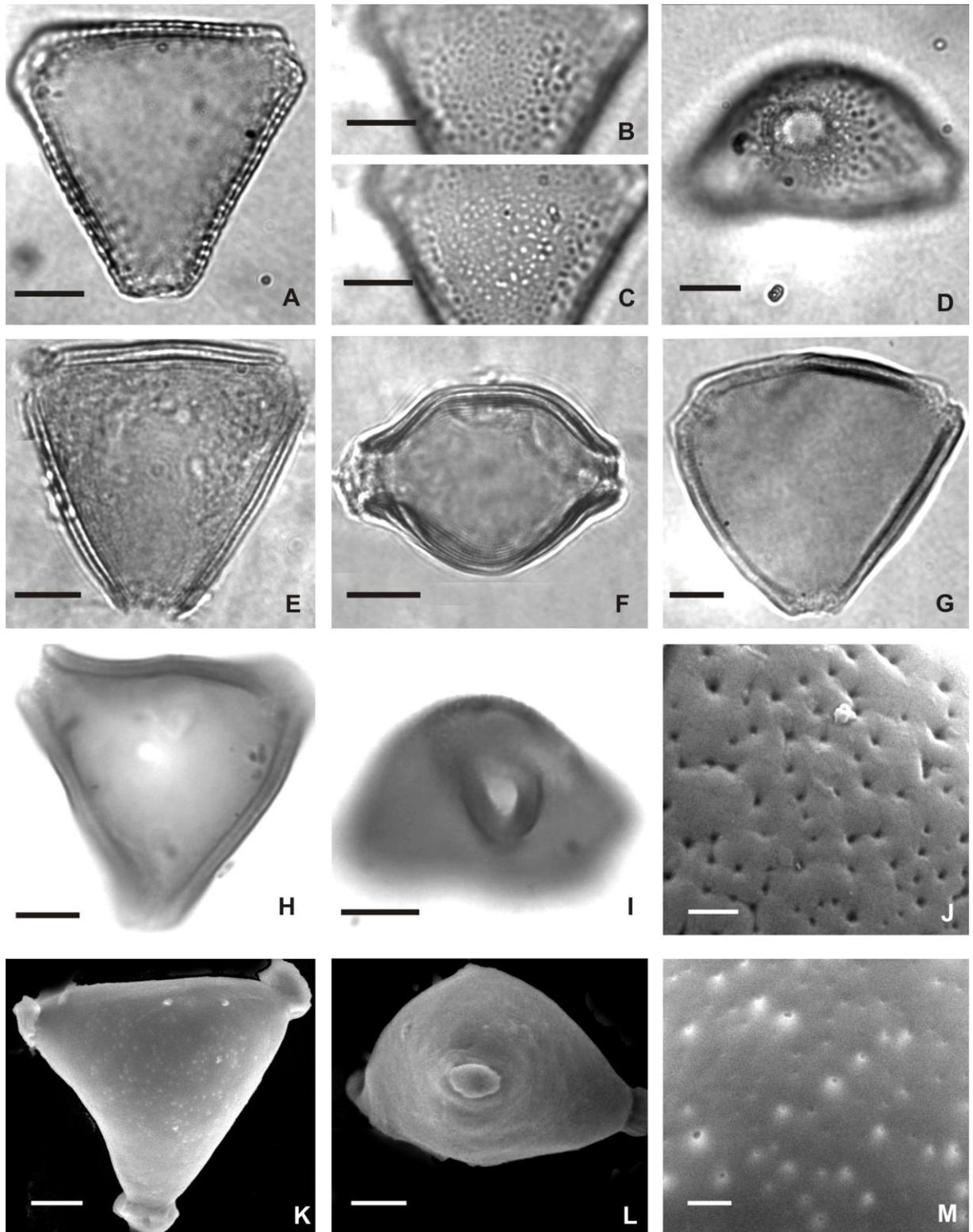


Figura 6. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. carpopoda* A-D: A. vista polar: corte óptico. B-C. L.O D. vista equatorial: abertura. *P. ingifolia* E-F: E. Vista polar: corte óptico F. vista equatorial: corte óptico. *P. marginata* G: G. vista polar: corte óptico. *P. platymisca* H-J: H. aspecto geral. I. Vista equatorial: abertura J. Detalhe da superfície (MEV). *P. clathrata* K-M: K. Vista polar: apoporo (MEV) L. vista equatorial: abertura (MEV) M. detalhe da superfície (MEV). Escalas: J, M = 1 μ m; K, L = 5 μ m; A-I = 10 μ m.

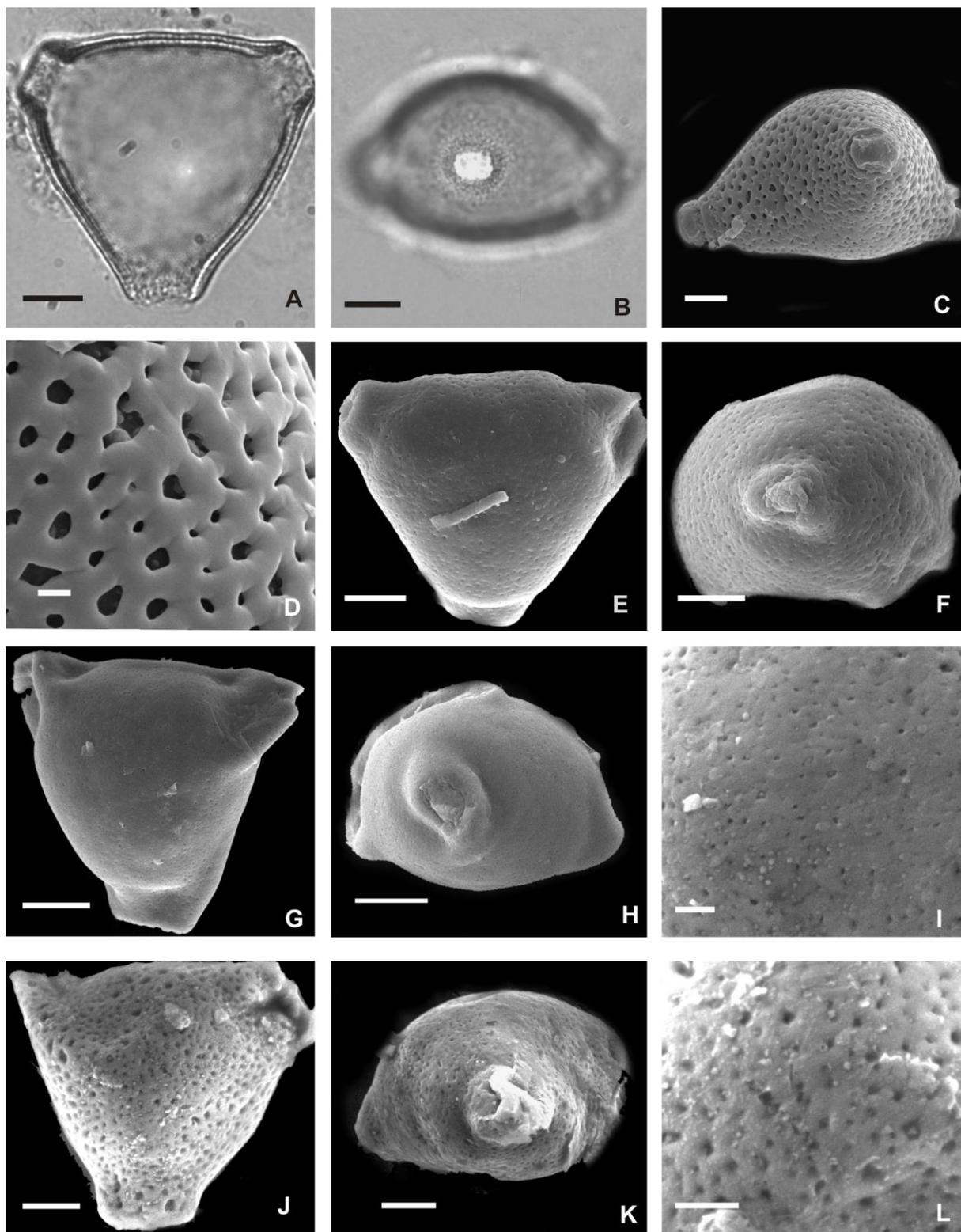


Figura 7. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. elongata* A-D: A. vista polar: corte óptico B. vista equatorial: abertura C. vista equatorial: abertura (MEV) D. detalhe da superfície (MEV). *P. sphaerocarpa* E-F: E. Vista polar: apoporo, superfície (MEV) F. vista equatorial: abertura (MEV). *P. hystrix* G-I: G. Vista polar: apoporo, superfície (MEV) H. vista polar: apoporo H. vista equatorial: abertura (MEV) I. Detalhe da superfície (MEV). *P. paullinioides* J-L: J. Apoporo K. Vista equatorial: abertura (MEV) L. Detalhe da superfície. Escalas: D = 1 μm ; I, L = 2 μm ; A, B = 10 μm .

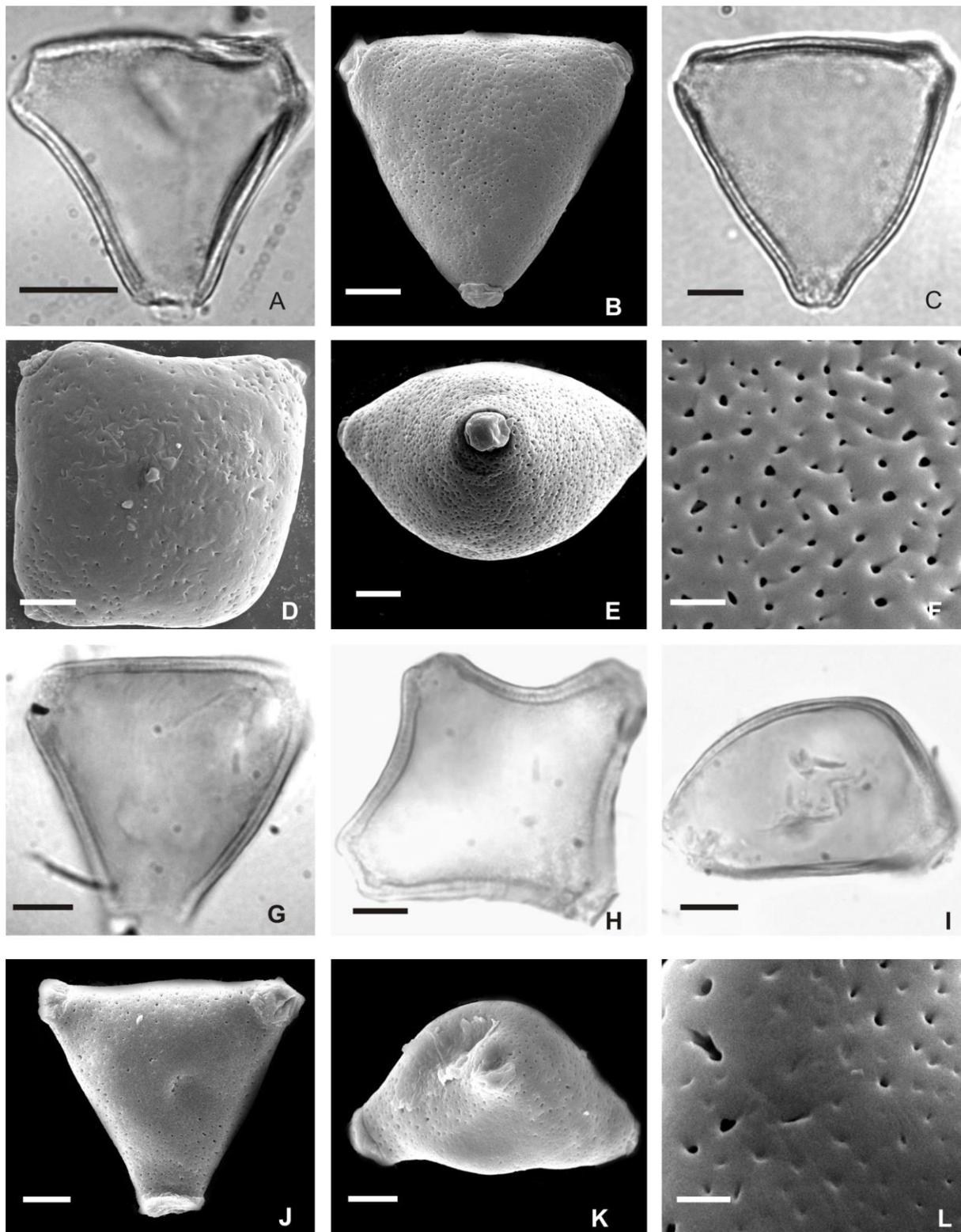


Figura 8. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. aff riparia* **A**: **A.** vista polar: corte óptico. *P. sprucei* **B-F**: **B.** vista polar: aspecto geral, 3-porado (MEV) **C.** corte óptico. **D.** 4-porado (MEV) **E.** Vista equatorial: abertura (MEV) **F.** detalhe da superfície (MEV). *P. turbacensis* **G-I**: **G.** vista polar: corte óptico, 3-porado **H.** 4-porado **I.** Vista equatorial: aspecto geral. *P. plagioptera* **J-L**: **J.** Vista polar: apoporo (MEV) **K.** Vista equatorial: aspecto geral (MEV) **L.** Detalhe da superfície (MEV). Escalas: F, L = 1 μm ; B, D, E, I, J e K = 5 μm ; A, C, G e H = 10 μm .

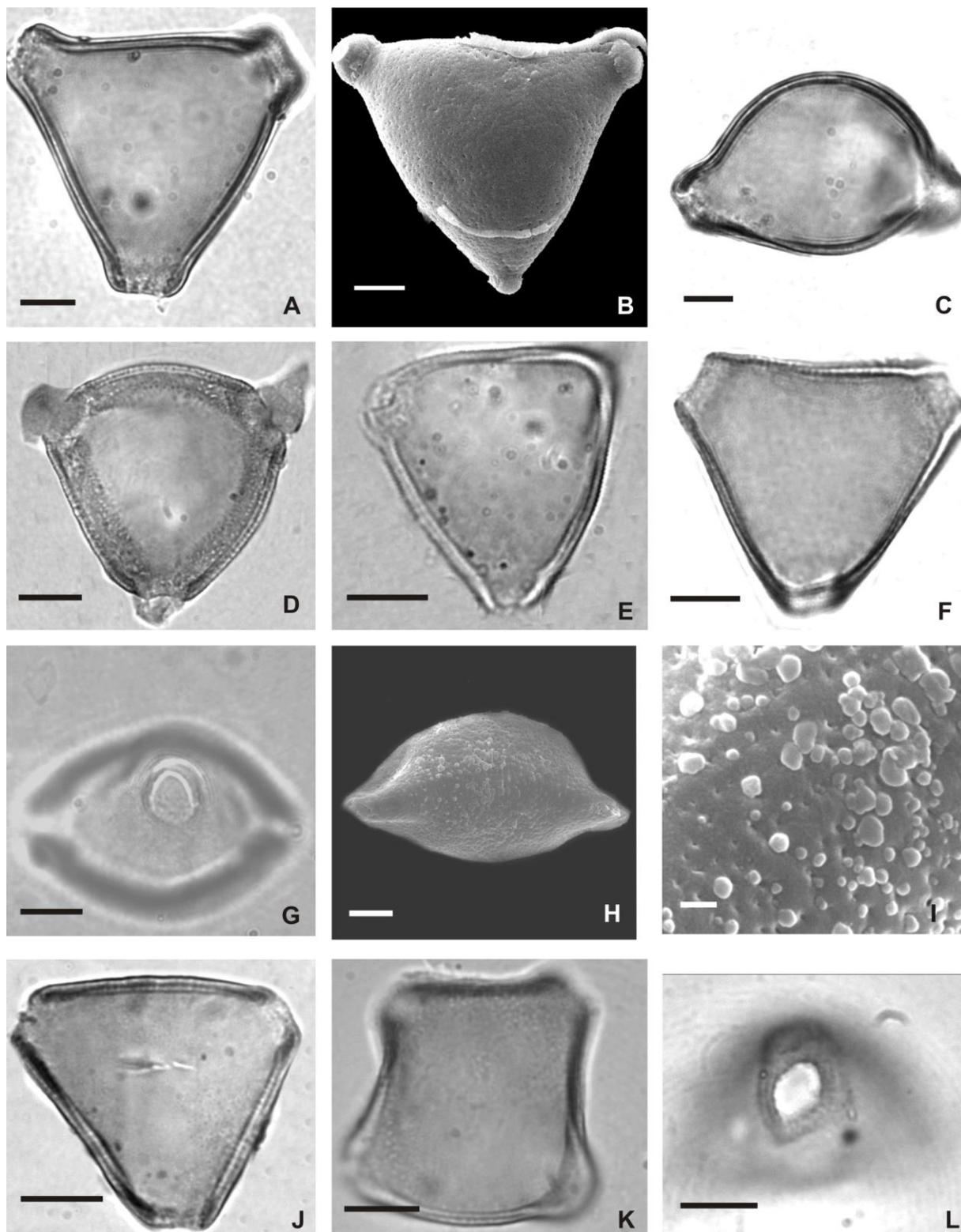


Figura 9. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. verrucosa* A-C: A. vista polar: corte óptico B. Apoporo, superfície (MEV) C. vista equatorial: aspecto geral. *P. fibulata* D: D. vista polar: aspecto geral. *P. isoptera* E: E. Vista polar: corte óptico. *P. rufescens* F: F. vista polar: corte óptico *P. alsmithii* G-I: G. vista equatorial: abertura H. mesoporo I. Detalhe da superfície (MEV). *P. barbadensis* J-L: J. Vista polar: corte óptico, 3-porado. K. 4-porado L. vista equatorial: abertura. Escalas: I = 1 μm ; B, C, G, H e L = 5 μm ; A, D, E, F, J, K = 10 μm .

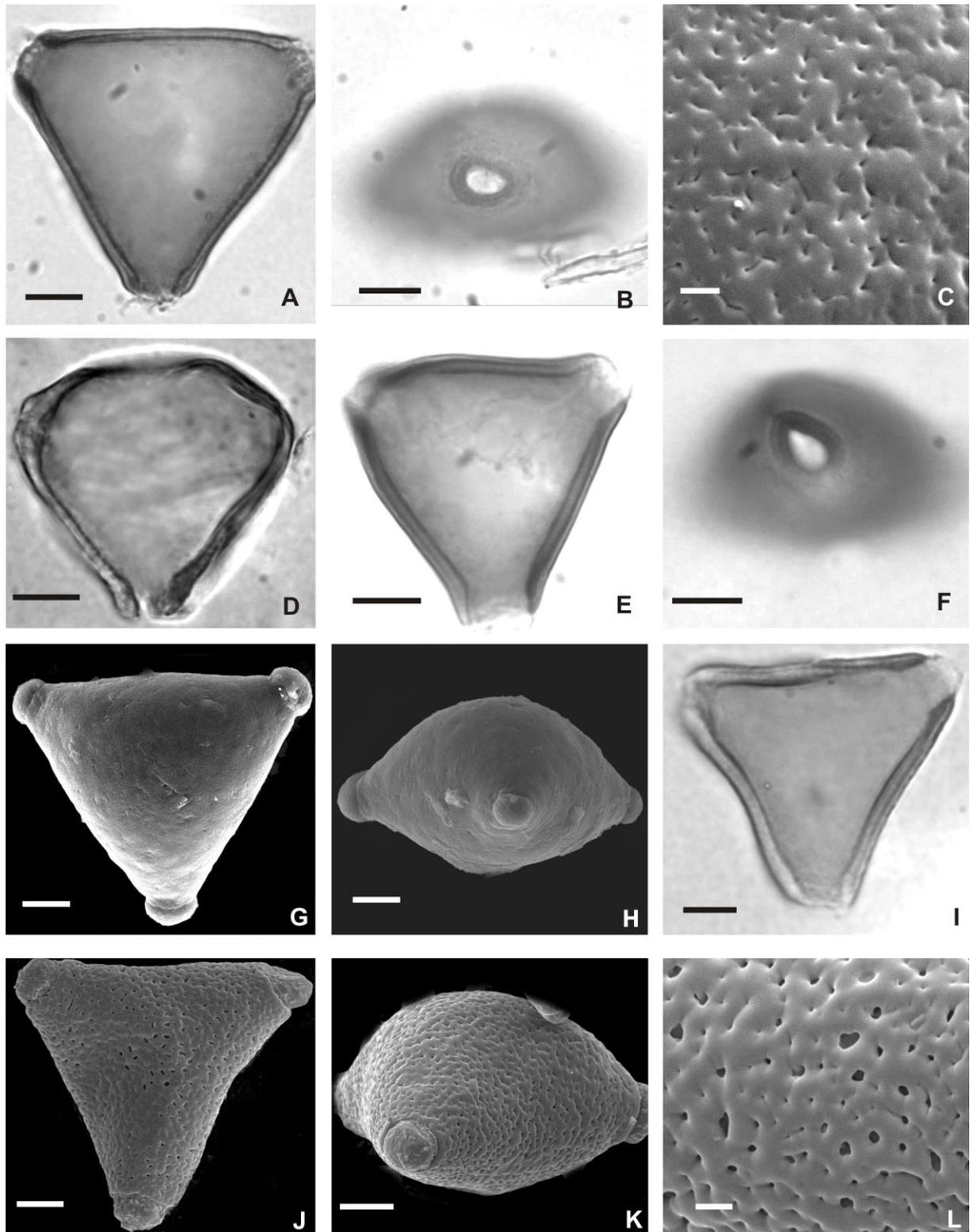


Figura 10. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. caloptera* A-C: A. vista polar: corte óptico B. vista equatorial: abertura C. Detalhe da superfície (MEV). *P. dasyphylla* D: D. vista polar: corte óptico. *P. dasystachia* E-F: E. vista polar: corte óptico. F. vista equatorial: abertura. *P. fuscescens* G-H: G. vista polar: apoporo, superfície (MEV) H.. Vista equatorial: aspecto geral (MEV). *P. mellifolia* I-L: I. Vista polar: corte óptico J. Apoporo (MEV) K. Vista equatorial: abertura (MEV) L. detalhe da superfície (MEV). Escalas: C e L = 1µm; B, F, G, H, J e K = 5 µm; A, B, D, E e I = 10 µm.

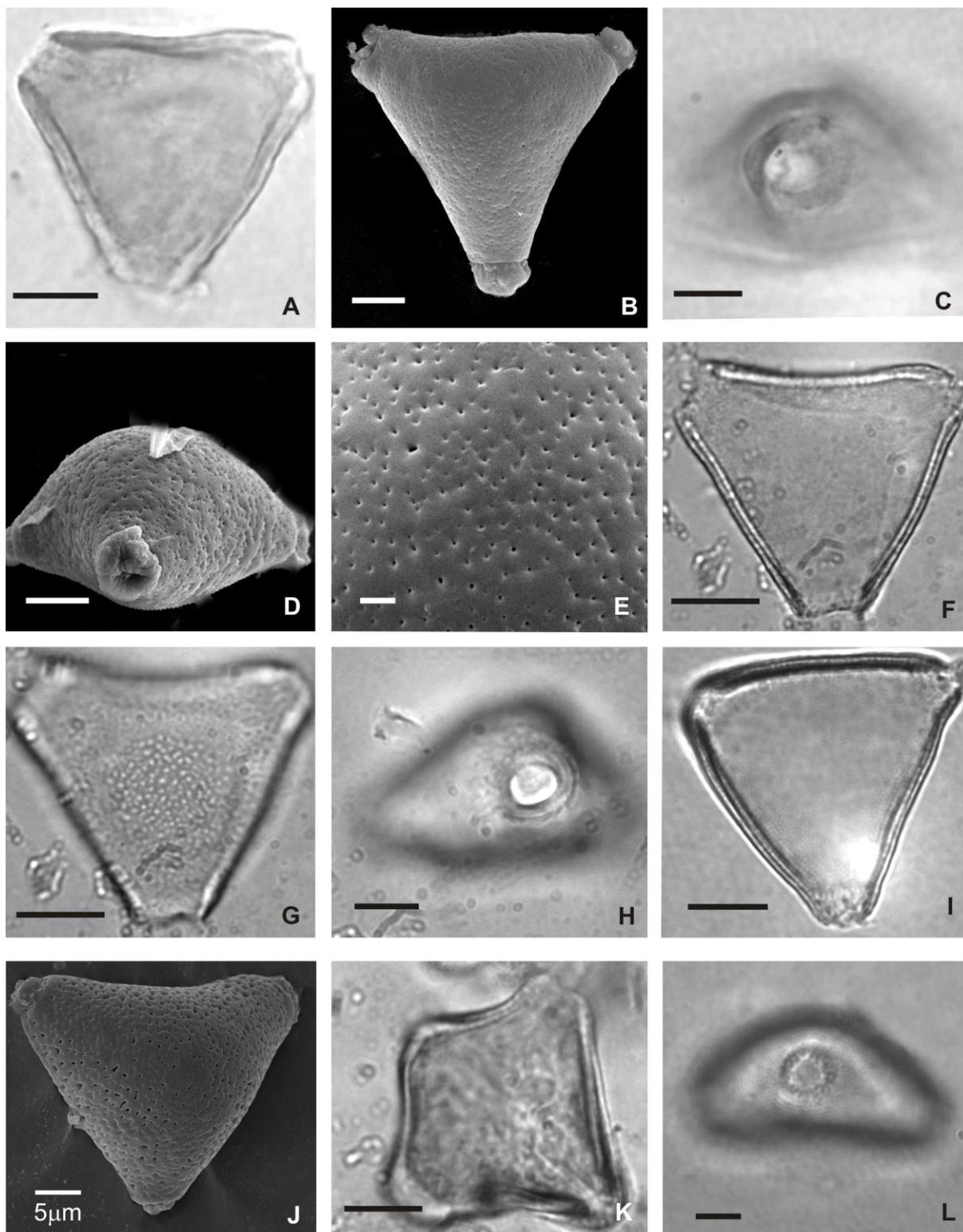


Figura 11. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. subnuda* A: A. vista polar: corte óptico B. apoporo (MEV) C. vista equatorial: aspecto geral (MEV) D. Abertura (MEV) E. Detalhe da superfície (MEV). *P. ternata* F-H: F. vista polar: corte óptico G. Aspecto geral H. vista equatorial: abertura. *P. coricaea* I-K: I. Vista polar: corte óptico J. Apoporo, 3-porado (MEV) K. 4-porado. *P. cristata* L: L.. Vista equatorial: abertura. Escalas: E = 1 μ m; B, C, D, H, J e L = 5 μ m; A, F, G, H, I e K = 10 μ m.

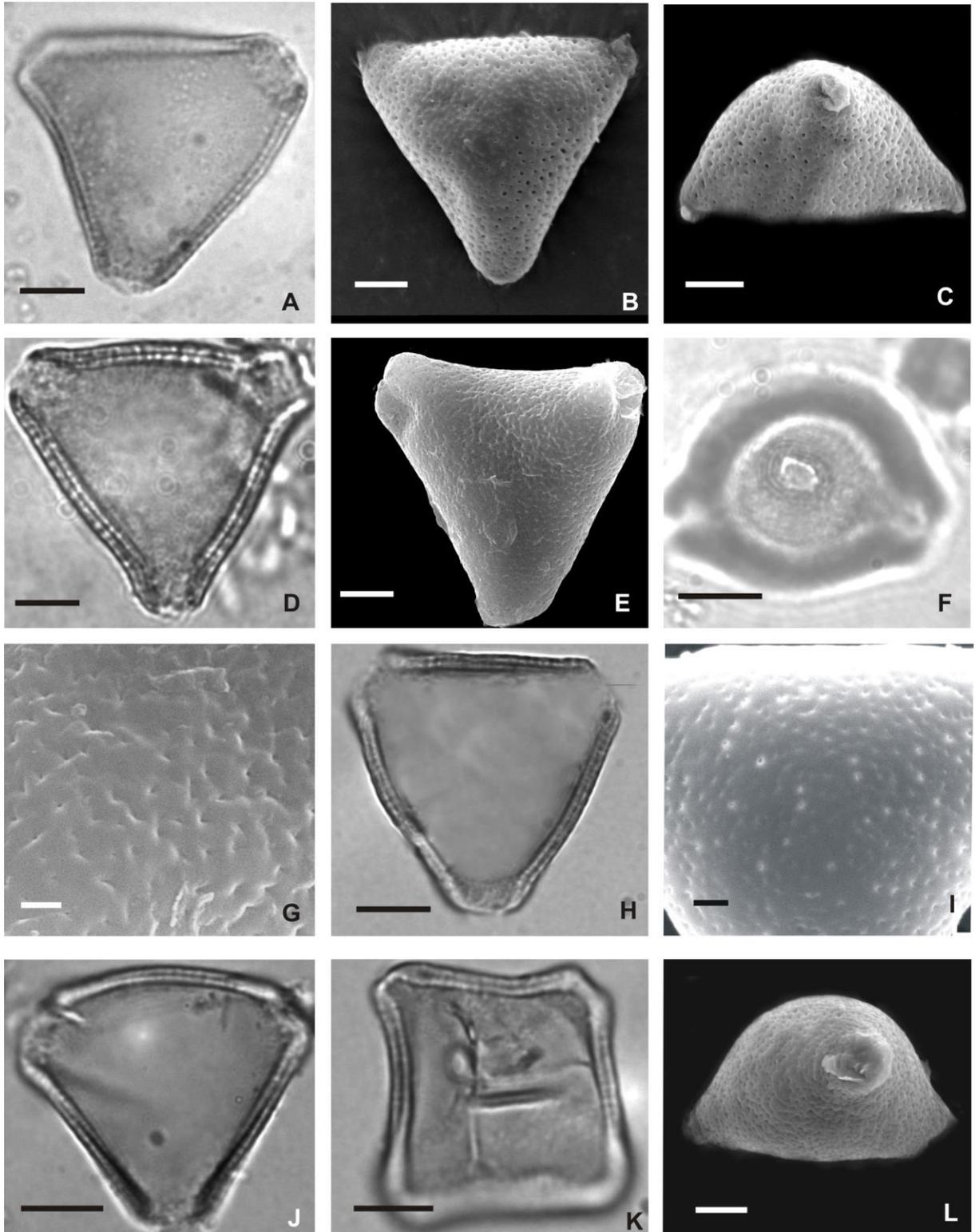


Figura 12. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. dasygonia* **A:** A. vista polar: corte óptico. *P. micrantha* **B-C:** B. vista polar: apoporo, superfície (MEV) C. vista equatorial: abertura (MEV). *P. pseudota* **D-G:** D. vista polar: corte óptico E. Apoporo (MEV) F. vista equatorial: abertura G. Detalhe da superfície (MEV). *P. revoluta* **H-I:** H. vista polar: corte óptico I. Detalhe da superfície (MEV). *P. rhomboidea* **J-L:** J. Vista polar: corte óptico, 3-porado K. 4-porado L. vista equatorial: abertura (MEV). Escalas: G = 1 μm; B, C, E, F, I e L = 5 μm; A, D, H, J e K = 10 μm.

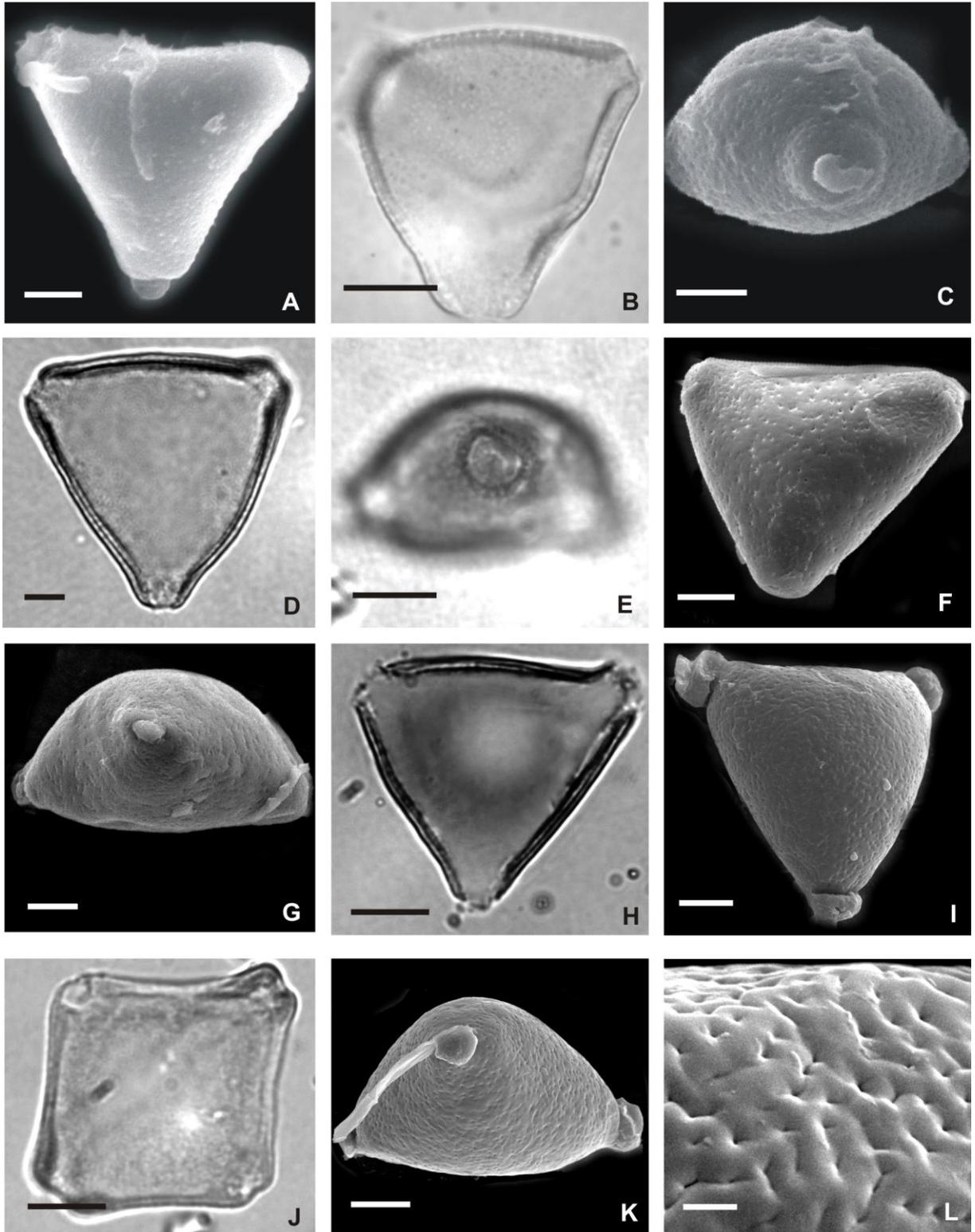


Figura 13. Fotomicrografias e eletromicrografias de espécies de *Paullinia*. *P. thalictrifolia* A-C: A. vista polar: apoporo (MEV) B. corte óptico C. vista equatorial: abertura (MEV). *P. trigonia* D-E: D. vista polar: corte óptico. E. vista equatorial: abertura. *P. uloptera* F-G: F. vista polar: apoporo (MEV) G. vista equatorial: abertura (MEV). *P. weinmannifolia* H-L: H. vista polar: corte óptico I. Apoporo, 3-porado (MEV) J. 4-porado K. Vista equatorial: abertura (MEV) L. detalhe da superfície (MEV). Escalas: L = 1µm; C, E, F, G, I e K = 5 µm; B, D, H e J = 10 µm.

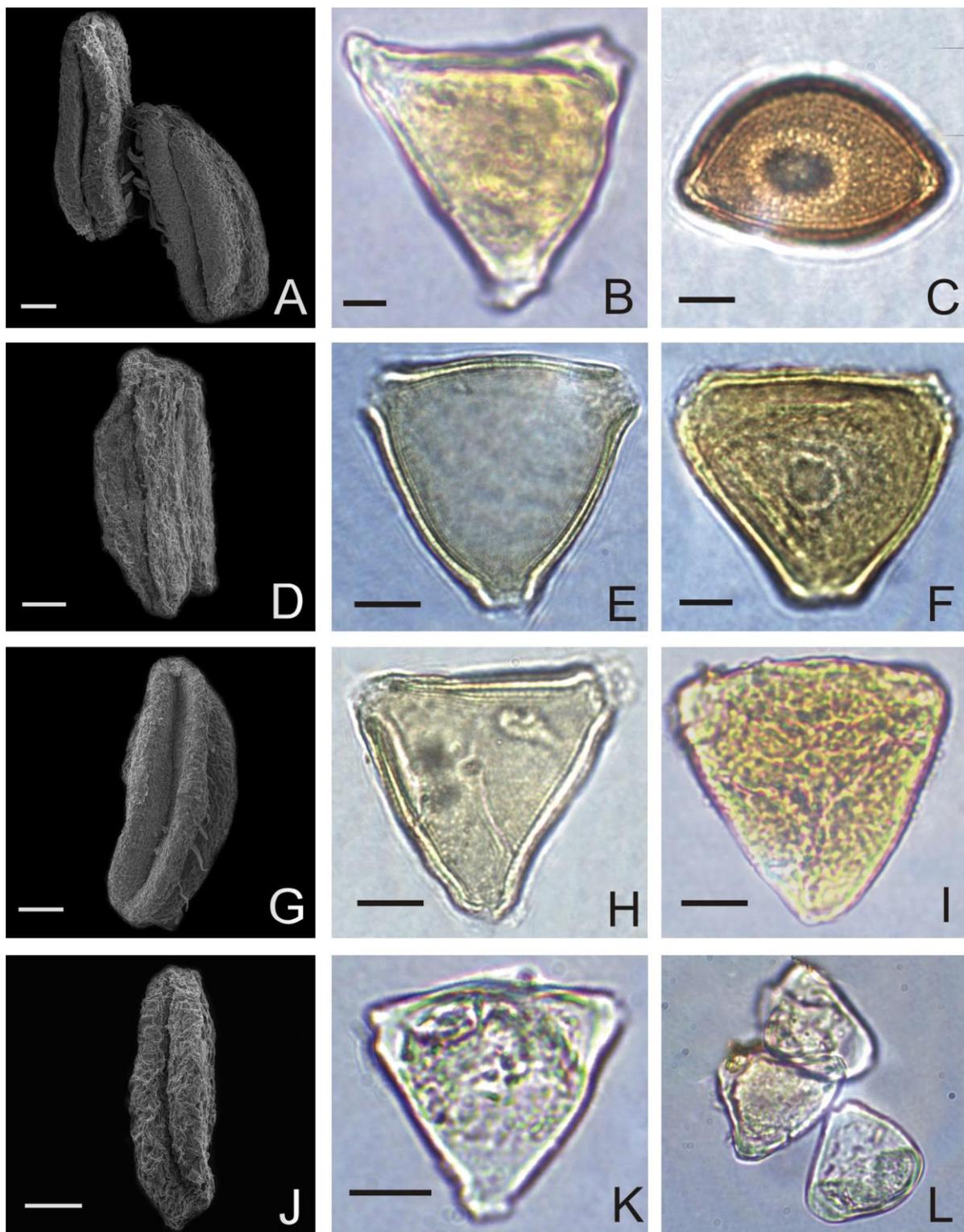


Figura 14- Fotomicrografias e eletromicrografias deiscência das anteras dos estaminódios da flor feminina e viabilidade dos grãos de pólen de *Paullinia* (grãos de pólen não acetolizados). *P. fusiformes* **A-C**: **A.** Anteras indeiscentes (MEV), **B.** grão de pólen viável em vista polar, **C.** grão de pólen viável em vista equatorial. *P. ingifolia* **D-F**: **D.** Antera indeiscente (MEV), **E-F.** Grão de pólen viável em vista polar. *P. pinnata* **G-I**: **G.** Antera indeiscente (MEV), **H.** Grão de pólen não viável em vista polar, **I.** Grão de pólen viável. *P. seminuda* **J-L**: **J** Antera indeiscente (MEV), **K.** Grão de pólen viável, **L.** Grãos de pólen viável e não viável. Escalas: A, D, G e J = 100 μm ; B, C, E, F, H, I, K e L = 10 μm .

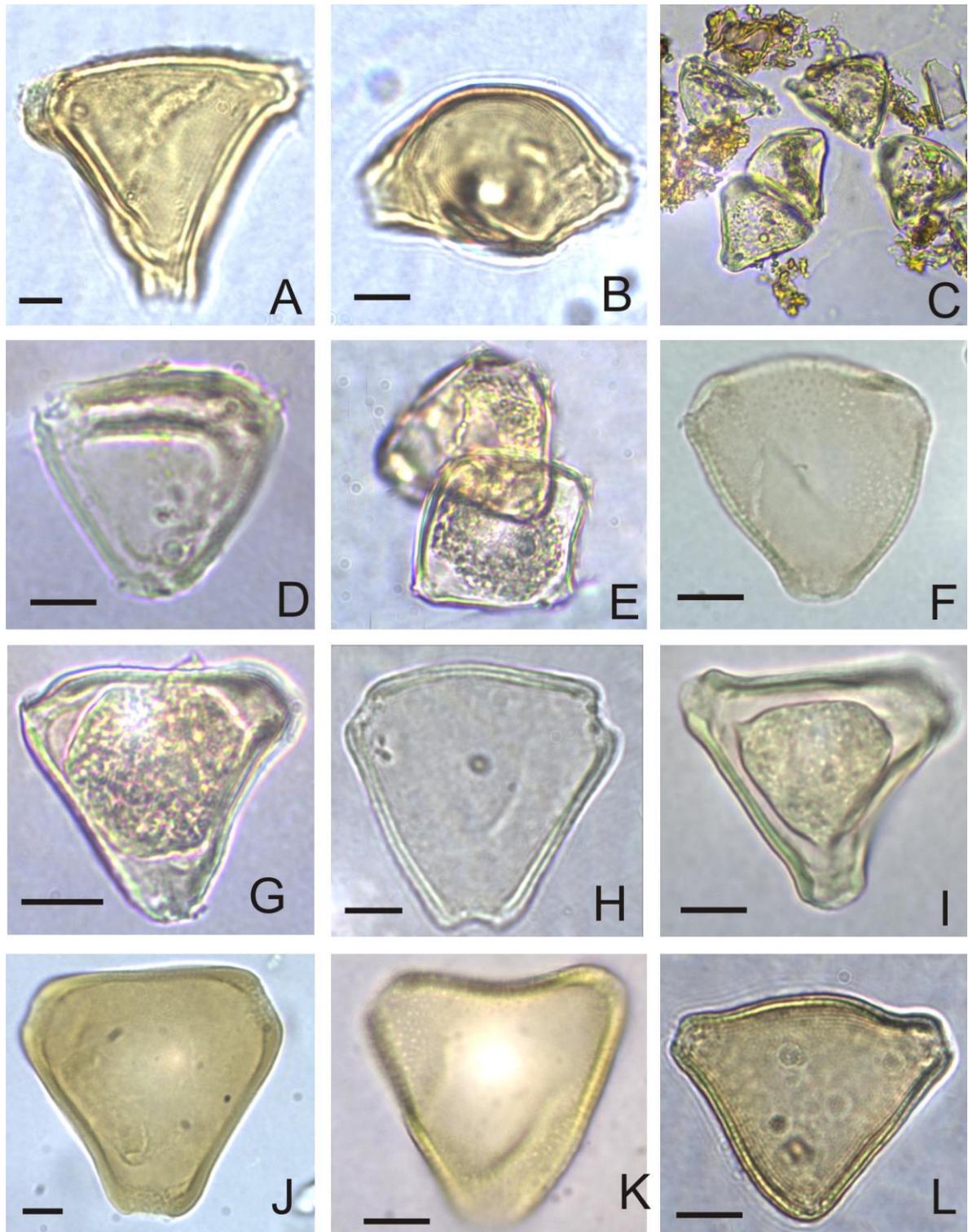


Figura 15 - Viabilidade dos grãos de pólen de *Paullinia* (grãos de pólen não acetolizados). *P. alata* **A-C:** **A.** grão de pólen não viáveis em vista polar, **B.** grão de pólen não viável em vista equatorial, **C.** grãos de pólen viáveis. *P. cearensis* **D-E:** **D.** Grão de pólen não viável em vista polar, **E.** Grãos de pólen viável em vista polar 3-4 porados. *P. coriácea* **F:** Grão de pólen não viável. *P. elegans* **G:** Grão de pólen viável em vista polar. *Paullinia elongata* **H.** Grão de pólen não viável. *P. mellifolia* **I:** Grãos de pólen viável. *P. rugosa* **J:** Grão de pólen não viável. *P. thalictrifolia* **K:** Grão de pólen não viável. *P. trigonia* **L:** Grão de pólen não viável. Escalas = 10 μ m.

Figura 16. Dendrograma combinado de dados quantitativos e qualitativos de espécies de *Paullinia* por análise hierárquica de aglomeração (AHC).

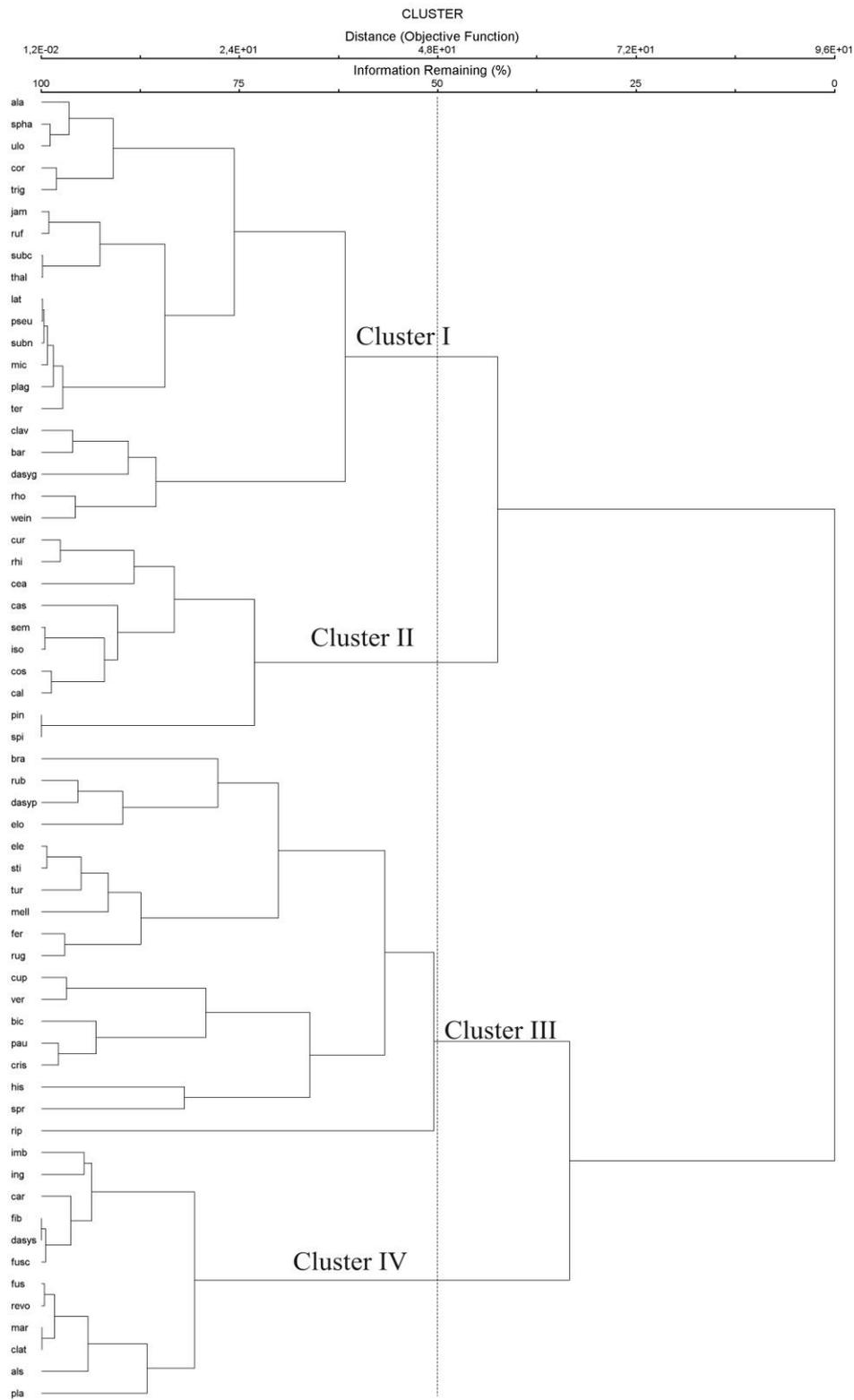
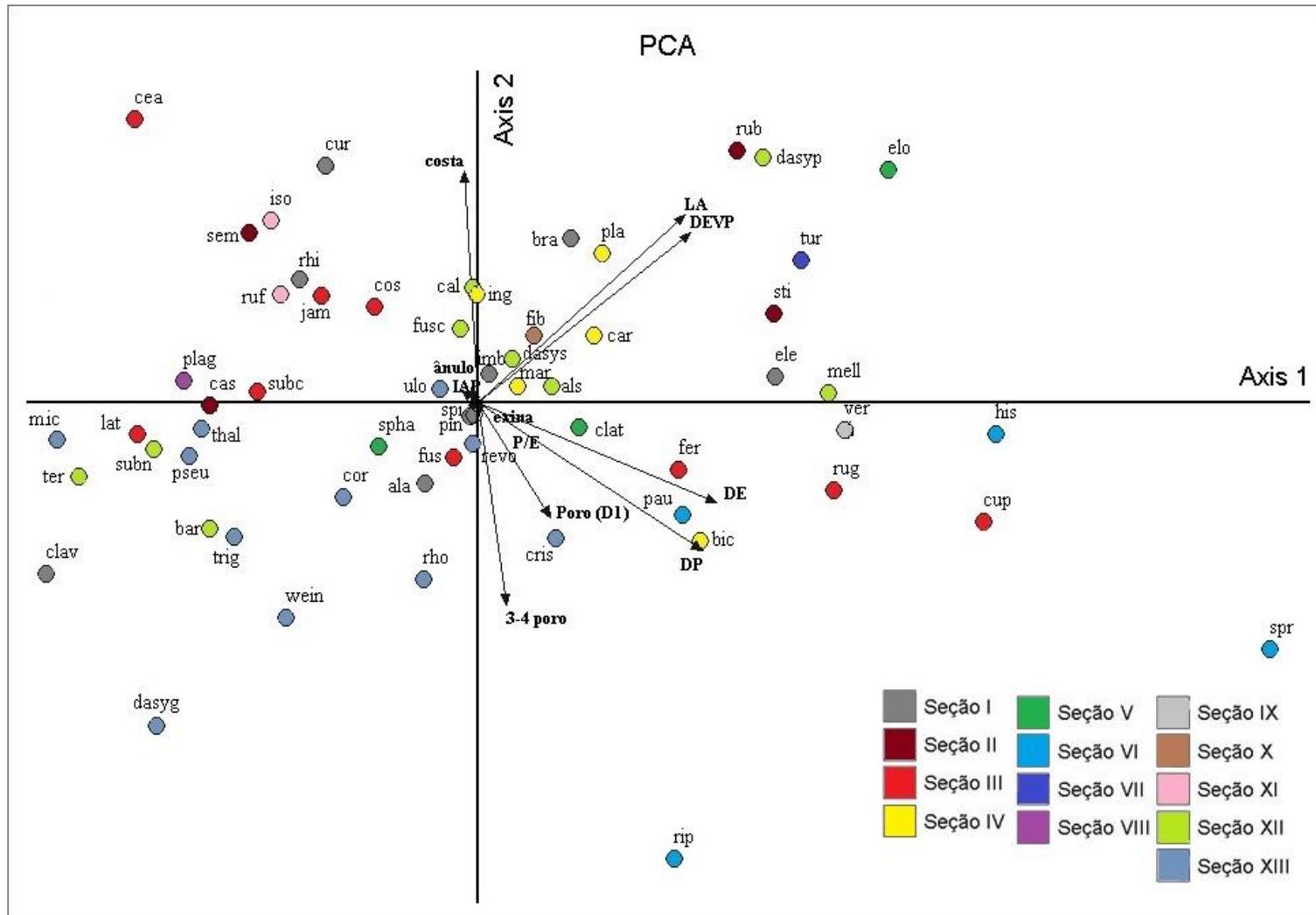
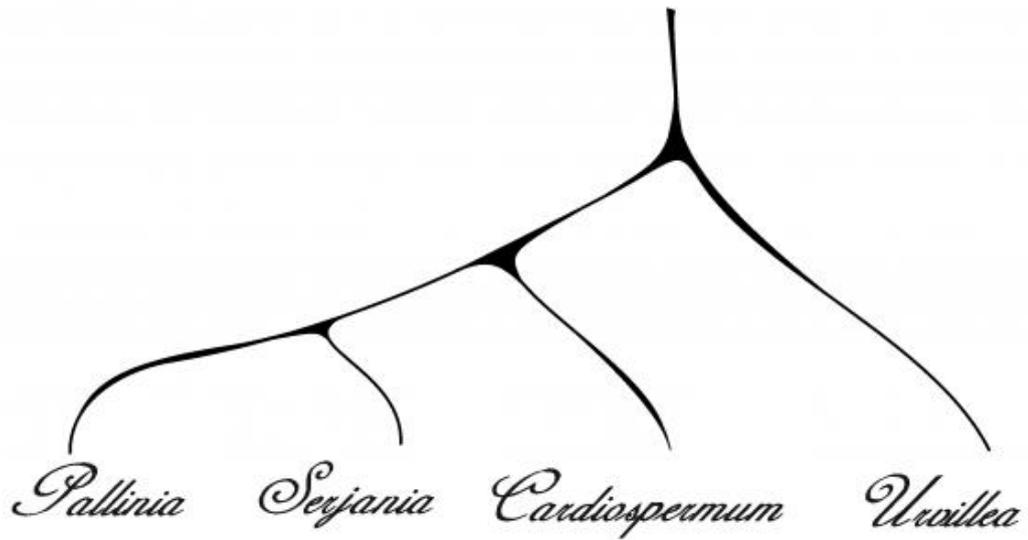


Figura 17. Gráfico bidimensional representando as espécies de *Paullinia* em PCA.



Capítulo 2

Palinotaxonomia de espécies de *Paullinia* e sua aplicação na delimitação na tribo Paullinieae



**Palinotaxonomia de espécies de *Paullinia* e sua aplicação na delimitação na tribo
Paullinieae sua aplicação na delimitação na tribo Paullinieae**

Elysiane de Barros Marinho

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço Esteves

Dr^a. Genise Vieira Somner

Resumo

Paullinia é um grupo monofilético bem suportado por caracteres morfológicos e moleculares. Estudos de sistemática molecular envolvendo *Paullinia* devem ser realizados a fim de ampliar as definições de uma nova classificação. No presente trabalho é estudada a diversidade polínica em *Paullinia* para avaliar a delimitação dos grupos atualmente reconhecidos e as suas relações com as demais espécies da tribo Paullinieae. Foram mapeados na árvore filogenética os estados de caráter palinológicos, seguindo o método de reconstrução da história evolutiva do estado de caráter dos táxons analisados (terminais). A partir do método de parcimônia foram geradas árvores para cada caráter. Os resultados obtidos mostraram que a morfologia polínica de *Paullinia* corrobora o monofiletismo do gênero. Para os gêneros *Hossayanthus* e *Cardiospermum* a palinologia não corrobora o parafiletismo dos gêneros. A morfologia polínica refletiu a filogenia proposta. Mas, é necessária a combinação dos caracteres palinológicos para diferenciar os gêneros, não sendo possível o mesmo para separar as espécies.

Palavras-chave: Evolução, Palinologia, Sapindaceae

Palynotaxonomy species *Paullinia* and its application in the delimitation *Paullinieae* tribe

Elysiane de Barros Marinho

Orientadoras: Dr^a. Vania Gonçalves Lourenço Esteves

Dr^a. Genise Vieira Somner

Abstract

Paullinia is a monophyletic group well supported by morphological and molecular characters. Studies of molecular systematics involving *Paullinia* may be carried out in order to broaden the definitions of a new classification. In the present work the pollen grains diversity in *Paullinia* is studied to evaluate the delimitation of the currently recognized groups and their relations with the other species of the *Paullinieae* tribe. The phylogenetic tree mapped the palynological states of character, following the method of reconstruction of the evolutionary history of the state of character of the analyzed (terminal) taxa. From the parsimony method trees were generated for each character. The results showed that the pollen morphology of *Paullinia* corroborates the monophyly of the genus. For the genera *Hossayanthus* and *Cardiospermum* the palynology does not corroborate the paraphilism of the genera. The pollen morphology reflected the proposed phylogeny. But, it is necessary to combine the palynological characteristics to differentiate the genera, and it is not possible to separate the species.

Key words: Evolution, Palynology, Sapindaceae

1. Introdução

Paullinia é um grupo monofilético bem suportado por caracteres morfológicos e moleculares, segundo a hipótese filogenética de Buerki *et al.* (2009). Pertence à tribo Paullinieae, juntamente com os gêneros *Cardiospermum* L., *Houssayanthus* Hunz., *Lophostigma* Radlk., *Serjania* Plum. ex Miller, *Thinouia* Triana & Planch. e *Urvillea* Kunth (Acevedo-Rodríguez 2003, Buerki *et al.* 2010). A circunscrição realizada por Buerki *et al.* (2010) trouxe uma nova abordagem quanto às relações filogenéticas em Sapindaceae, elevando o gênero asiático *Xanthoceras* Bunge à família Xanthoceraceae, confirmando assim a consistência e a monofilia de Sapindaceae *s.l.* (Fig 1). Estudos de sistemática molecular envolvendo *Paullinia* têm sido realizados a fim de ampliar as definições na classificação proposta por Buerki *et al.* (2010; Acevedo-Rodríguez *et al.*, 2011; Acevedo-Rodríguez *et al.*, 2017). Apesar da nova classificação, a circunscrição atual assemelha-se ao proposto por Radlkofer (1895) e muitas das relações filogenéticas dentro do grupo ainda são pouco esclarecidas. Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017) destacam a dificuldade de caracterizar morfológicamente o grupo pois não há uma sinapomorfologia morfológica óbvia.

Análises cladistas das tribos Paullinieae e Thouinieae, com base em caracteres morfológicos, indicaram o monofiletismo de Paullinieae e para-filetismo da tribo Thouinieae (Acevedo-Rodríguez 1993). Buerki *et al.* (2009, 2010, 2011) analisaram oito regiões de sequência de DNA do plastídio a fim de estabelecer uma melhor resolução dos clados de Paullinieae e Thouinieae. Na busca de novos marcadores moleculares Acevedo-Rodríguez *et al.* (2011) integraram representantes de Thouinieae à tribo Paullinieae. Recentemente, Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017) ampliaram os estudos filogenéticos moleculares incluindo marcadores de trnL e ITS que permitiram reconhecer a super tribo Paulliniodae com quatro subclados recém designados como tribos: Athyaneae, Bridgesieae, Thouinieae e Paullinieae.

Nessa nova proposta de super tribo sustentada por dados moleculares, os dados morfológicos foram utilizados para elucidar as relações evolutivas, não se tratando de uma proposta filogenética morfológica e molecular. Trata-se, na realidade, de uma abordagem sobre um aspecto amplo onde a morfologia polínica e características das folhas foram utilizadas para contextualizar as relações dos gêneros nas tribos (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2017). Segundo os autores a tribo Paullinieae está circunscrita com apenas seis gêneros (*Thinouia*, *Lophostigma*, *Cardiospermum*, *Paullinia*, *Serjania* e *Urvillea*).

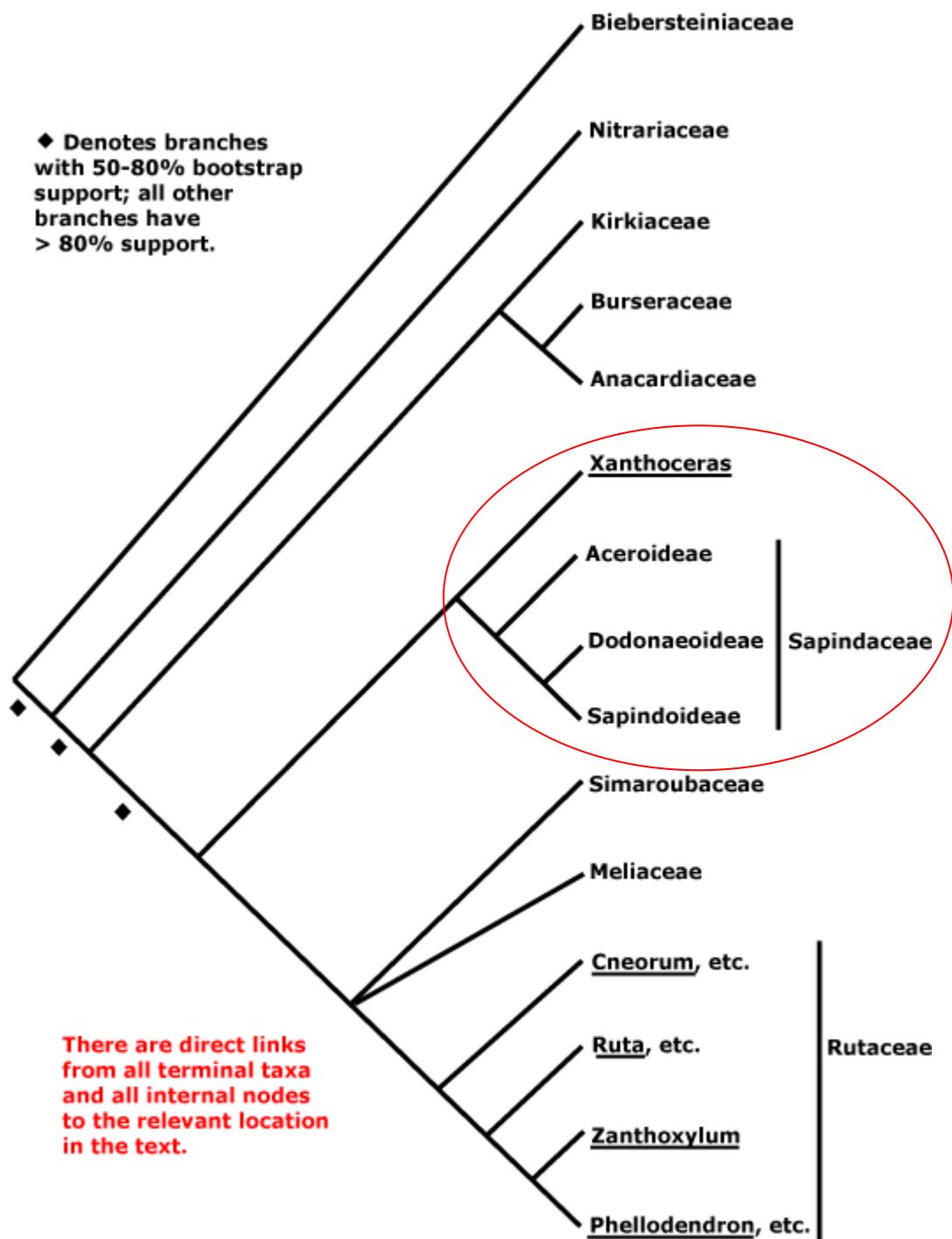


Figura 1: Cladograma demonstrando a atual classificação da família Sapindaceae *s.l.* segundo APG IV [imagem: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/orders/sapindalesweb>].

Apesar da nova proposta de classificação muitos problemas, particularmente relacionados à Paullinieae ainda não foram esclarecidos. Embora ainda não se tenha uma filogenia do gênero *Paullinia* faz-se necessária a contextualização dos caracteres

morfológicos baseada nas relações de parentesco a partir de dados moleculares (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2017). A grande variedade de caracteres polínicos permite que esses atributos sejam utilizados para determinar graus de parentesco e de similaridade entre determinados grupos vegetais relacionados filogeneticamente. Para alguns autores como Walker (1974), Walker & Doyle (1975) e Punt (1975, 1976) os tipos polínicos mais derivados permitem uma abordagem relacionada a tendências evolutivas de cada grupo.

Estudos envolvendo métodos cladísticos oferecem a possibilidade de testar o valor filogenético dos grãos de pólen relacionando-os às hipóteses evolutivas a partir do mapeamento dos caracteres palinológicos sobre árvores moleculares. Estudos como este foram realizados por diversos autores a fim de entender o caminho evolutivo dos grãos de pólen em diferentes grupos (Banks & Rico 1999; Doyle *et al.* 2000; De Vore *et al.* 2000; Graham & Graham 2000 e Doyle 2005).

Em sistemática, o potencial filogenético da morfologia combinada aos dados moleculares traz valorosas informações evolutivas fortemente sustentadas. Segundo Baker & Gatesy (2002), a análise combinada de conjuntos morfológicos e moleculares hipotéticos sustentam árvores bem resolvidas, sendo estas diferentes das árvores separadas e de consenso. Na ausência de uma filogenia combinada de dados morfológicos e moleculares, Wortley & Scotland (2006) traz uma perspectiva na inferência de dados morfológicos em uma filogenia molecular, a fim de propor hipóteses para estudos futuros. A confirmação para esta hipótese filogenética é sustentada pela probabilidade lógica e não pela probabilidade estatística.

Até o momento não existem trabalhos de sistemática molecular envolvendo o gênero *Paullinia*. No entanto os grãos de pólen trazem uma evidência morfológica o que permite analisar as características moleculares a partir dos aspectos palinológicos (van der Ham 1990). Diante desse panorama o presente estudo tem como objetivo contextualizar a morfologia polínica de *Paullinia* visando avaliar a delimitação dos grupos atualmente reconhecidos e as suas relações com as demais espécies da tribo Paullinieae. Para tanto se busca analisar a evolução dos caracteres polínicos através do mapeamento desses atributos baseado na proposta filogenética de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017). Pretende-se fornecer uma matriz de caracteres palinológicos a partir de uma matriz morfológica polínica e incluir hipoteticamente as espécies de *Paullinia* aqui estudadas, a fim de corroborar os estudos filogenéticos do gênero *Paullinia*, atualmente em andamento no grupo de pesquisa no qual o presente estudo está inserido.

2. Material e Métodos

2.1 Seleção das espécies

A escolha dos táxons baseou-se na hipótese filogenética com dados moleculares sobre os relacionamentos genéricos e classificação da tribo Paullinieae (Sapindaceae) proposta por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017) (Anexo 1). A partir das análises dos cladogramas foram selecionadas as espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae. Os dados palinológicos de 60 espécies representantes do gênero *Paullinia*, exceto *P. cuneata* Radlk., *P. stellata* Radlk., *P. olivaceae* Radlk., *P. prevostiana* Acev.-Rodr., *P. xestophylla* Radlk., foram obtidos do estudo polínico aqui realizado (capítulo I). Os dados da morfologia polínica destas seis espécies, bem como os 36 representantes dos demais gêneros do clado (*Balsas* J. Jiménez Ram. & K. Vega, *Chimborazoa*, *Houssayanthus*, *Cardiospermum*, *Serjania* e *Urvillea*) e o grupo irmão da tribo Thouinieae representado pelo gênero *Allophylus* (*A. africanus* e *A. sereceus*) foram obtidos de referências bibliográficas totalizando 104 taxons (tab. 1).

2.2 Matriz de morfologia polínica

Baseando-se nas relações filogenéticas e na similaridade da morfologia polínica, foram incluídos em nossas análises todos os representantes do gênero *Paullinia* estudados no capítulo I. Apesar destas espécies não terem sido abordadas por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017) abrangem um maior número de representantes de *Paullinia* para o clado do Novo Mundo, afim de compor caracteres palinológicos da matriz morfológica.

Os estados de caráter polínico foram expressos na matriz de caracteres (tab. 2) das 104 espécies do clado Paullinieae levando em consideração a presença ou ausência dos referidos caracteres, através dos seguintes códigos das variáveis: Tamanho (pequeno = 0, médio = 1, grande = 2), número de abertura (3 aberturas = 0; 4 aberturas = 1), tipo de abertura (Poros = 0, Cólporo = 1, Hemissincólporo = 2, Colpo = 3), polaridade (isopolar = 0, heteropolar = 1, subisopolar = 2), ornamentação (perfurada = 0, microrreticulada = 1, estriada = 2, rugulada = 3), âmbito (triangular = 0, quadrangular = 1, subcircular = 2), forma (oblata = 0, suboblata = 1, prolata = 2). Aquelas espécies cujas informações dos caracteres não foram obtidas, foram preenchidas na matriz de dados com o código de interrogação (?), e assim analisadas por parcimônia.

2.3 Inclusão de espécies no clado *Paullinia*

De acordo com a perspectiva de construção de um esquema hipotético (Wortley & Scotland 2006), foram incluídas as 60 espécies de *Paullinia* (estudadas no capítulo I) no clado do gênero na hipótese filogenética proposta por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017). A matriz palinológica das espécies foi analisada com o auxílio do programa Mesquite v.2.75 (Maddison & Maddison, 2011). Utilizando-se o método de parcimônia as espécies foram alocadas no clado *Paullinia* como uma proposta esquemática para ilustrar a relação de *Paullinia* (bem suportada por dados moleculares), com os demais gêneros da tribo.

2.4 Mapeamento dos caracteres polínicos

Para a visualização da evolução dos grãos de pólen na tribo Paullinieae buscou-se realizar o mapeamento dos caracteres polínicos à luz da hipótese filogenética de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017). Para mapear os estados dos caracteres polínicos (Tab. 2) foram incluídas as demais espécies de *Paullinia* no clado correspondente ao gênero, na árvore de consenso de acordo com a similaridade polínica, baseada na análise multivariada de PCA e Cluster. O consenso entre as relações filogenéticas da árvore base (anexo 1) e a similaridade dos caracteres polínicos das espécies foram otimizados em um cladograma.

A árvore de consenso foi construída no programa Mesquite v.2.75 (Maddison & Maddison, 2011). Foram mapeados na árvore filogenética os estados de caráter palinológicos, seguindo o método de reconstrução da história evolutiva do estado de caráter dos táxons analisados (terminais). A partir do método de parcimônia foram geradas árvores para cada caráter. A história evolutiva dos caracteres polínicos é representada por cores diferentes para cada estado de caráter. Foram apresentadas árvores em forma de figuras com legendas correspondentes às cores do rastreamento de cada estado ancestral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados palinológicos obtidos (Tab 1, 2) as variáveis polínicas foram plotadas na árvore de consenso da filogenia baseando-se na proposta de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017). O resultado dos caracteres otimizados no clado Novo Mundo da tribo Paullinieae mostrou a inclusão esquemática das espécies de *Paullinia* de acordo com a morfologia polínica. Essa topologia permite uma visão geral do clado *Paullinia* comparando-o com os demais clados de acordo com as características palinológica (Fig. 2). É apresentado nas figuras 3-7 o traçado mais parcimonioso da evolução dos caracteres polínicos. A morfologia polínica de *Paullinia* corrobora o monofiletismo do gênero. Na proposta filogenética de Acevedo-Rodríguez os gêneros *Chimborozoa* e *Balsas* foram incluídos ao gênero *Serjania*, formando um clado monofilético estreitamente relacionado à *Paullinia* (Anexo II). Para os gêneros *Hossayanthus* e *Cardiospermum* a palinologia não corrobora o parafilético dos gêneros apresentado na proposta de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017), ou seja, os atributos polínicos a seguir analisados indicam dados morfológicos que se incluídos na matriz de dados e analisados de forma combinada à análise molecular traria uma melhor resolução em uma proposta de monofiletismo dos gêneros supracitados.

3.1 Tamanho (Fig. 3)

O tamanho pequeno é um estado de caráter plesiomórfico em *Paullinieae*, pois está presente no gênero *Allophylus* (grupo irmão), basal ao clado Paullinieae. Em *Cardiospermum* grãos de pólen pequenos é uma simplesiomorfia compartilhada com o estado ancestral do caráter em representantes de *Allophylus*. Em *Paullinia*, apenas *P. aff riparia*, *P. sprucei*, *P. cupana*, *P. mellifolia*, *P. turbacensis* e *P. elongata* apresentam grãos de pólen de tamanho grande. A presença de tamanho grande em *Lophostigma* infere que esse estado de caráter é derivado de grãos de pólen médios. Sendo assim, grãos de pólen de tamanho grande surgiram de forma independente em representantes de *Paullinia* e *Houssayanthus*. De acordo com Ferrucci & Anzotegui (1993) grãos de pólen de maior tamanho (médios a grandes) estão presentes nos representantes da tribo Paullinieae. Para Walker & Doyle (1975) o tamanho dos grãos de pólen é um caráter reversível na maioria das Angiospermas. Grãos de pólen médios é uma tendência evolutiva do clado Paullinieae derivada de grãos de pólen pequenos.

3.2. Tipo de abertura (Fig. 4)

Na tribo Paullinieae ocorrem quatro tipos de aberturas nos grãos de pólen: cólporos, colpos, hemisincólporos e poros. Grãos de pólen colporados característicos do gênero *Thinouia* é um estado de caráter plesiomórfico para a tribo, derivado do ancestral colporado. Segundo Ferrucci & Anzotegui (1993) esse é um estado basal para a tribo, e Muller & Leenhouts (1976) consideraram esta característica como sendo um estado de caráter basal na família Sapindaceae. A partir desse tipo de abertura, grãos de pólen colpados surgiram como uma apomorfia em representantes de *Lophostigma*. Grãos de pólen porados são uma autapomorfia do gênero *Paullinia*, derivados de grãos de pólen hemisincolporados presentes em *Balsa*, *Cardiospermum*, *Chimborazoas*, *Hossayanthus*, *Serjania* e *Urvillea*. Para Ferrucci & Anzotegui (1993) colpos surgiram de forma independente em Sapindaceae e grãos de pólen parassincolporados é uma condição plesiomórfica para a família, presente em registros fósseis de *Cupanieidites* do cretáceo superior. O caminho evolutivo para o tipo de aberturas, no presente estudo, para a tribo Paullinieae corresponde à evolução clássica dos tipos de aberturas na família Sapindaceae descritos por Muller & Leenhouts (1976).

3.3 Número de abertura (Fig. 5)

Na tribo Paullinieae ocorrem grãos de pólen com 3 e 4 aberturas, sendo os triaperturados uma simplesiomorfia, mantendo a característica plesiomórfica na maioria dos representantes da tribo. Os grãos de pólen tetraperturados são uma tendência evolutiva presente nos gêneros *Thinouia*, *Lophostigma*, *Paullinia* e *Houssayanthus*. Alguns autores referem-se às variações no número das aberturas dos grãos de pólen das angiospermas com hipóteses sobre a morfologia polínica. Entre elas está a de que a evolução conduziu para o aumento no número de aberturas para melhorar a probabilidade de germinação (Dajoz *et al.*, 1991; Furness & Rudall, 2004).

3.4 Polaridade (Fig. 6)

Os estados de caráter isopolar e heteropolar surgiram ao longo da história evolutiva da polaridade dos grãos de pólen da tribo Paullinieae, sendo grãos de pólen isopolares derivados da condição plesiomórfica heteropolar. No presente estudo observou-se que no clado *Paullinia* ocorreu uma reversão do estado de caráter seguindo uma tendência

simplesiomórfica com grãos de pólen isopolares, e o surgimento independente da condição subisopolar em representantes do gênero. Segundo Ferrucci & Anzotegui (1993) os grãos de pólen iso e subisopolares de *Paullinia* originaram-se a partir da redução das ectoaberturas dos grãos de pólen heteropolares. Concorda-se com as autoras uma vez que a heteropolaridade é uma condição plesiomórfica da tribo Paullinieae na hipótese filogenética de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017).

3.5 Ornamentação (Fig 7)

A ornamentação dos grãos de pólen na tribo *Paullinieae* varia de perfurada a microrreticulada, podendo ser também estriada ou rugulada, com elementos associados com grânulos ou perfurações. De acordo com Walker e Doyle (1975) os tipos de ornamentação microrreticulada e suas variações têm sido uma tendência evolutiva na maioria das angiospermas. Observou-se no presente estudo nos representantes da tribo que o tipo de ornamentação estriada é uma condição plesiomórfica mantida pelos representantes *Lophostigma* e *Thinouia*. O tipo rugulado surgiu independente nos grãos de pólen de *Houssayanthus* e *Urvillea* porém não mostrou ser um caráter que infere relações filogenéticas entre os dois gêneros. A ornamentação perfurada é compartilhada entre os representantes dos gêneros *Balsa* (*Serjania*), *Cardiospermum*, *Paullinia* e *Serjania* corroborando à estreita relação de parentesco entre eles. O tipo microrreticulado está presente na maioria dos representantes de *Serjania* e surge independente nos gêneros *Chimborazoa* (*Serjania*) e *Paullinia*, derivados do tipo perfurado.

3.6 Âmbito (Fig. 8)

O âmbito triangular é uma característica simplesiomórfica presente na maioria dos representantes do Novo Mundo da tribo Paullinieae. O âmbito quadrangular é um estado de caráter apomórfico presente em *Thinouia* ocorrendo reversão em *Houssayanthus* e *Paullinia*. O âmbito subcircular é uma autapomorfia do gênero *Lophostigma*, sendo um estado de caráter que surgiu independente na tribo Paullinieae. Segundo Ferrucci & Anzotegui (1993) grãos de pólen com âmbito triangular é plesiomórfico na família, sustentado pela morfologia polínica de *Cupanieidites*.

3.7 Forma (Fig. 9)

A forma prolata é uma condição plesiomófica na tribo Paullinieae, derivada de grãos suboblato do ancestral. A forma oblata é uma apomorfia para os demais representantes da tribo. No gênero *Paullinia* ocorreu simplesiomorfia do caráter nas espécies *P. alata*, *P. imberbis* e *P. aff riparia*. De acordo com Walker & Doyle (1975) grãos de pólen oblato estão amplamente distribuídos em representantes de Rosidae a qual Sapindaceae está subordinada. Na família esta forma é um estado de caráter basal sustentada por registro fóssil de *Cupanieidites*.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os grãos de pólen trazem uma evidência morfológica que permite contextualizar a morfologia polínica de *Paullinia* através das suas relações com as demais espécies da tribo Paullinieae. A proposta esquemática hipotética das espécies de *Paullinia* elucidam inferências palinológicas pela primeira vez descritas para o gênero em um aspecto mais abrangente, não somente entre as espécies como em suas relações com os demais gêneros da tribo. O mapeamento dos atributos polínicos à luz da filogenia molecular (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2017) fornece informações palinológicas ainda desconhecidas para o gênero, tais como, tamanho, forma, âmbito e tipos de ornamentação relacionando-as aos demais gêneros da tribo. Nesse aspecto, os dados morfológicos corroboram o monofiletismo do gênero *Paullinia* e inferem uma melhor resolução para os gêneros *Hossayanthus* e *Cardiospermum* em uma proposta combinada dos dados morfológicos e moleculares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Rodríguez P., Wurdack, K.J., Ferrucci, M.S., Johnson, G., Dias, P., Coelho, R.G., Somner, G.V., Steinmann, V.W., Zimmer, E.A., Strong, M.T. (2017) Generic relationships and classification of tribe Paullinieae (Sapindaceae) with a new concept of supertribe Paulliniodeae. *Systematic Botany* 42(1): 96-114.
- Acevedo-Rodríguez, P. 1993. *The Systematics of Serjania. Part. I. A revision of Serjania sect. Platycoccus (Sapindaceae)*. *Memoirs of the New York Botanical Garden* v. 67, 96 p.
- Acevedo-Rodríguez, P. 2003. *Talisia and Melicoccus*. *Flora Neotropica*. v. 87: 1-179.
- Acevedo-Rodríguez, P. 2011. *Allophylastrum*: A new genus of Sapindaceae from northern South America. *PhytoKeys* 5: 39–43. Baker, R.H., Gatesy, J. 2002. Is morphology still relevant? Eds: DeSalle, R., Giribet G., Wheeler, W. (Eds), *Molecular Systematics and Evolution: Theory and Practice*. Birkhauser Verlag, Basel, Boston, Berlin, pp. 163-174.
- Banks, H., Rico, L. Pollen morphology and phylogenetic analysis of *Eperua aublet* (Detarieae: Caesalpinioideae: Leguminosae). *Grana* 38 (5), 261-276. 1999
- Buerki, S., F. Forest, N. Salamin, and N. Alvarez. 2011. *Comparative*. 60: 32–44.
- Buerki, S., F. Forest, P. P. Lowry II, N. Alvarez, S. G. Razafimandimbison, P. Küpfer, and M. W. Callmander. 2010. Phylogeny and circumscription, of Sapindaceae revisited: molecular sequence data, morphology, and biogeography support recognition of a new family, Xanthoceraceae. *Plant Ecology and Evolution* 143: 148–159.
- De Vore, M.L.; Z. Zhao, R.K. Jansen & J. Skvarla. 2000. Utility of trends in pollen morphology for phylogenetic analyses: an example using subfamilies Barnadesioideae and Cichorioideae (Asteraceae). In: Harley, M.M.; C.M. Morton & S. Blackmore (eds.) *Pollen and Spores: Morphology and Biology*. Royal Botanic Gardens, Kew. Pp.: 399-412.
- Doyle, J.A. 2005. Early evolution of angiosperm pollen as inferred from molecular and morphological phylogenetic analyses. *Grana* 44: 227-251. Dajoz *et al.*, 1991.
- Doyle, J.A.; P. Bygrave & A. Le Thomas. 2000. Implications of molecular data for pollen evolution in Annonaceae. In: M.M. HARLEY, C.M. MORTON & S. BLACKMORE

(eds.) Pollen and Spores: Morphology and Biology. Royal Botanic Gardens, Kew. Pp.: 259-284.

Ferrucci & Urdampilleta *Cardiospermum bahianum* (Sapindaceae: Paullinieae), a New Species from Bahia, Brazil.

Ferrucci, M. S. and L. M. Anzótegui. 1993. El polen de Paullinieae (Sapindaceae). *Bonplandia* 6: 211–243.

Furness, C.A. & P.J. Rudall. 2004. Pollen apertures evolution - a crucial factor for eudicot success? *Trends in Plant Science* 9(3): 154-158.

Graham, S.A. & A. Graham. 2000. The evolution of diaperturate pollen in the eurypalynous Morton & S. Blackmore (eds.) *Pollen and*

Muller, J. & Leenhouts, P.M. *A general survey of pollen types in Sapindaceae in relation to taxonomy*. In the evolutionary significance of the exine (Ferguson, I.K. & Muller, J. ed.). 407-445. 1976.

Punt, W. 1975. Pollen morphology of the Dichapetalaceae with special reference to evolutionary trends and mutual relationships of pollen types. *Review of Palaeobotany and Palynology* 19: 1-97.

Punt, W. 1976. Evolutionary trends in the pollen grains of Dichapetalaceae. In: FERGUSON, I.K. & J. MÜLLER (eds.) *The Evolutionary Significance of the Exine*. London: Academic Press. Pp.: 139-146.

Radlkofer, L. 1895. *Monographie der Sapindaceen Gattung Paullinia*. Munich. soapberry family (Sapindaceae) as a case study. *Systematic Biology*. Van der Ham, R. W. J. M. 1990. Nephelieae pollen (Sapindaceae):

Van der Ham, R. W. J. M. 1990. Nephelieae pollen (Sapindaceae):

Van der Ham, R. W. J. M. 1990. Nephelieae pollen (Sapindaceae): form, function, and evolution. – *Leiden Bot. Ser. 13. Natl.Bot.Gard., Leiden*.

Walker, J. W. & Doyle, J. A. 1975. The basis of angiosperm phylogeny: palynology. - *Ann. Mo. Bot. Gard.* 62: 270-664.

WALKER, J.W. 1974. Aperture evolution in the pollen of primitive angiosperms. *American Journal of Botany* 61: 1112-1137.

Wortley, A.H., Scotland, R.W. 2006. The effect of combining molecular and morphological data in published phylogenetic analyses. *Syst. Biol.* 55, 677-685.

Tabela 1. Lista de espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae e fonte de dados palinológicos correspondentes.

Espécies	Fonte de dados Palinológicos
<i>Balsas guerrerensis</i> Cruz Durán & K.Vega	Ramírez <i>et al.</i> (2011)
<i>Cardiospermum corindum</i> L.	Ferrucci (2000)
<i>C. cuchujaquense</i> Ferrucci & Acev.-Rodr.	Ferrucci (2000)
<i>C. grandiflorum</i> Sw.	Ferrucci (2000)
<i>C. heringeri</i> Ferrucci	Ferrucci (2000)
<i>C. integerrimum</i> Radlk.	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>C. pterocarpum</i> Radlk.	Ferrucci (2000)
<i>Cardiospermum urvilleoides</i> (Radlk.) Ferrucci	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>Chimborazoa lachnocarpa</i> (Benth. ex Radlk.) H. Beck	Beck (1992)
<i>Houssayanthus biternatus</i> (Weath.) Rzed. & Calderón	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>H.incanus</i> (Radlk.) Ferrucci	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>Lophostigma plumosum</i> Radlk.	Acevedo-Rodríguez (1993)
<i>Paullinia aff riparia</i> (Spruce ex Radlk.) Radlk.	Capítulo I
<i>P. alata</i> D.R. Simpson	Capítulo I
<i>P. alsmithii</i> J.F. Macbr.	Capítulo I
<i>P. barbadensis</i> Jacq.	Capítulo I
<i>P. bicorniculata</i> Somner	Capítulo I
<i>P. bracteosa</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. caloptera</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. carpopoda</i> Cambess.	Capítulo I
<i>P. castaneifolia</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. cearensis</i> Somner & Ferrucci	Capítulo I
<i>P. clathrata</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. clavigera</i> Schldtl.	Capítulo I
<i>P. coriacea</i> Casar.	Capítulo I
<i>P. costaricensis</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. cristata</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. cuneata</i> Radlk.	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>P. cupana</i> Kunth	Capítulo I
<i>P. cururu</i> L.	Capítulo I
<i>P. dasygonia</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. dasyphylla</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. dasystachya</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. elegans</i> Cambess.	Capítulo I
<i>P. elongata</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. ferruginea</i> Casar.	Capítulo I
<i>P. fibulata</i> Rich.	Capítulo I
<i>P. fuscescens</i> Kunth	Capítulo I
<i>P. fusiformis</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. histryx</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. imberbis</i> Radlk.	Capítulo I

Tabela 1. Lista de espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae e fonte de dados palinológicos correspondentes.

Espécies	Fonte de dados Palinológicos
<i>P. ingifolia</i> Rich. ex Juss.	Capítulo I
<i>P. isoptera</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. jamaicensis</i> Macfad.	Capítulo I
<i>P. latifolia</i> Benth. ex Radlk.	Capítulo I
<i>P. marginata</i> Casar.	Capítulo I
<i>P. mellifolia</i> Juss.	Capítulo I
<i>P. micrantha</i> Cambess.	Capítulo I
<i>P. olivacea</i> Radlk.	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>P. paullinioides</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. pinnata</i> D.R. Simpson	Capítulo I
<i>P. plagioptera</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. platymisca</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. prevostiana</i> Acev.-Rodr.	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>P. pseudota</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. revoluta</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. rhizantha</i> Poepp. & Endl.	Capítulo I
<i>P. rhomboidea</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. rubiginosa</i> Cambess.	Capítulo I
<i>P. rufescens</i> Rich. ex Juss.	Capítulo I
<i>P. rugosa</i> Benth. ex Radlk.	Capítulo I
<i>P. seminuda</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. sphaerocarpa</i> Rich. ex Juss.	Capítulo I
<i>P. spicata</i> Benth.	Capítulo I
<i>P. sprucei</i> J.F. Macbr.	Capítulo I
<i>P. stellata</i> Radlk.	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>P. stipularis</i> Benth. ex Radlk.	Capítulo I
<i>P. subcordata</i> Benth. ex Radlk.	Capítulo I
<i>P. subnuda</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. ternata</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. thalictrifolia</i> Juss.	Capítulo I
<i>P. trigonia</i> Vell.	Capítulo I
<i>P. turbacensis</i> Kunth	Capítulo I
<i>P. uloptera</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. verrucosa</i> Radlk.	Capítulo I
<i>P. weinmanniifolia</i> Mart.	Capítulo I
<i>P. xestophylla</i> Radlk.	Acevedo-Rodríguez <i>et al.</i> (2017)
<i>Serjania altissima</i> Radlk.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. ampelopsis</i> Planch. & Linden ex Planch.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. caracasana</i> (Jacq.) Willd.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. cf. caracasana</i> (Jacq.) Willd.	Van der Ham & Tomik (1994)

Tabela 1. Lista de espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae e fonte de dados palinológicos correspondentes.

Espécies	Fonte de dados Palinológicos
<i>S. clematidifolia</i> Cambess.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. communis</i> Cambess.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. cuspidata</i> Cambess.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. emarginata</i> Kunth	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. erythrocaulis</i> Acev.-Rodr. & Somner	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. eucardia</i> Radlk.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. fuscifolia</i> Radlk.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. ichthyoctona</i> Radlk.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. lethalis</i> A. St.-Hil.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. marginata</i> Casar.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. mexicana</i> (L.) Willd.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. nutans</i> Poepp.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. paniculata</i> Kunth	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. perulacea</i> Radlk.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. unguiculata</i> Radlk.	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>S. yucatanensis</i> Standl	Van der Ham & Tomik (1994)
<i>Thinouia mucronata</i> Radlk.	Ferrucci & Anzotegui (2010)
<i>T. restingae</i> Ferrucci & Somner	Ferrucci & Anzotegui (2010)
<i>Urvillea chacoensis</i> Hunz.	Ferrucci (2000)
<i>U. rufescens</i> Cambess	Ferrucci (2000)
<i>U. ulmacea</i> Kunth	Ferrucci (2000)

Tabela 2. Matriz dos caracteres polínicos das espécies do clado Novo Mundo da tribo Paulliniaea.

Espécies	Nº de abertura	Tipo de Abertura	Polaridade	Ornamentação	Âmbito	Forma	Tamanho
<i>Allophylus africanus</i>	0	1	0	2	0	1	0
<i>A. sericeus</i>	0	1	1	2	0	1	0
<i>Balsas guerrerensis</i>	0	2	1	0	0	0	1
<i>Cardiospermum corindum</i>	0	2	1	0	0	0	0
<i>C.cuchujaquense</i>	0	2	1	0	0	0	0
<i>C.grandiflorum</i>	0	2	1	0	0	0	0
<i>C.heringeri</i>	0	2	1	0	0	0	0
<i>C.integerrimum</i>	0	2	?	0	0	0	0
<i>C.pterocarpum</i>	0	2	1	0	0	0	0
<i>C.urvilleoides</i>	0	2	1	0	0	0	0
<i>Chimborazoa lachnocarpa</i>	0	2	0	1	0	0	1
<i>Houssayanthus biternatus</i>	1	2	1	3	1	0	1
<i>Houssayanthus incanus</i>	1	2	1	3	1	0	1
<i>Lophostigma plumosum</i>	1	3	0	2	2	2	2
<i>P. aff riparia</i>	0	0	2	0	1	1	2
<i>P. alata</i>	0	0	1	0	0	1	1
<i>P. alsmithii</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. barbadensis</i>	1	0	0	0	1	2	1
<i>P. bicorniculata</i>	1	0	0	1	0	0	1
<i>P. bracteosa</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. caloptera</i>	0	0	0	4	0	0	1
<i>P. carpopoda</i>	0	0	2	1	0	0	1
<i>P. castaneifolia</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. cearensis</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. clathrata</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. clavigera</i>	1	0	0	0	1	0	1
<i>P. coriacea</i>	0	0	1	1	1	0	1
<i>P. costaricensis</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. cristata</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>P. cuneata</i>	1	0	?	0	1	0	1
<i>P. cupana</i>	1	0	0	1	1	0	2
<i>P. cururu</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. dasygonia</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>P. dasyphylla</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. dasystachya</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. elegans</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. elongata</i>	0	0	0	1	0	0	2

Continuação

Tabela 2. Matriz dos caracteres polínicos das espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae.

Espécies	Nº de abertura	Tipo de Abertura	Polaridade	Ornamentação	Âmbito	Forma	Tamanho
<i>P. ferruginea</i>	0	0	0	4	0	0	1
<i>P. fibulata</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. fuscescens</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. fusiformis</i>	0	0	0	4	0	0	1
<i>P. histryx</i>	0	0	2	0	0	0	1
<i>P. imberbis</i>	0	0	0	0	0	1	1
<i>P. ingifolia</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>P. isoptera</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. jamaicensis</i>	0	0	0	4	0	0	1
<i>P. latifolia</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. marginata</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. mellifolia</i>	0	0	0	1	0	0	2
<i>P. micrantha</i>	0	0	1	1	0	0	1
<i>P. olivacea</i>	1	0	?	0	1	0	1
<i>P. paullinioides</i>	1	0	2	0	1	0	1
<i>P. pinnata</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>P. plagioptera</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>P. platymisca</i>	0	0	2	0	0	0	1
<i>P. prevostiana</i>	1	0	1	0	1	0	1
<i>P. pseudota</i>	0	0	0	4	0	0	1
<i>P. revoluta</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. rhizantha</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. rhomboidea</i>	1	0	2	4	1	0	1
<i>P. rubiginosa</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. rufescens</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. rugosa</i>	0	0	1	0	0	0	2
<i>P. seminuda</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. sphaerocarpa</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>P. spicata</i>	1	0	0	4	1	0	1
<i>P. sprucei</i>	1	0	2	0	1	0	2
<i>P. stellata</i>	1	0	0	0	1	0	1
<i>P. stipularis</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. subcordata</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>P. subnuda</i>	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. ternata</i>	0	0	0	1	1	0	1
<i>P. thalictrifolia</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. trigonia</i>	0	0	2	0	0	0	1

Tabela 2. Matriz dos caracteres polínicos das espécies do clado Novo Mundo da tribo Paullinieae.

Espécies	Nº de abertura	Tipo de Abertura	Polaridade	Ornamentação	Âmbito	Forma	Tamanho
<i>P. turbacensis</i>	0	0	0	0	0	0	2
<i>P. uloptera</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>P. verrucosa</i>	1	0	0	0	1	0	1
<i>P. weinmanniifolia</i>	1	0	0	4	1	0	1
<i>Serjania altissima</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. ampelopsis</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. caracasana</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. cf. caracasana</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. clematidifolia</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. communis</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. cuspidata</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. emarginata</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. erythrocaulis</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. eucardia</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. fuscifolia</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. ichthyoctona</i>	0	2	1	0	0	0	1
<i>S. lethalis</i>	0	2	1	0	0	0	1
<i>S. marginata</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. mexicana</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. nutans</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. paniculata</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. perulacea</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. unguiculata</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>S. yucatanensis</i>	0	2	1	1	0	0	1
<i>T. restingae</i>	1	1	0	2	1	2	1
<i>Thinouia mucronata</i>	1	1	0	2	1	2	1
<i>U. rufescens</i>	0	2	1	3	0	0	1
<i>U. ulmacea</i>	0	2	1	3	0	0	1
<i>Urvillea chacoensis</i>	0	2	1	3	0	0	1

Figura 2. Esquema hipotético da otimização dos caracteres polínicos na filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017)

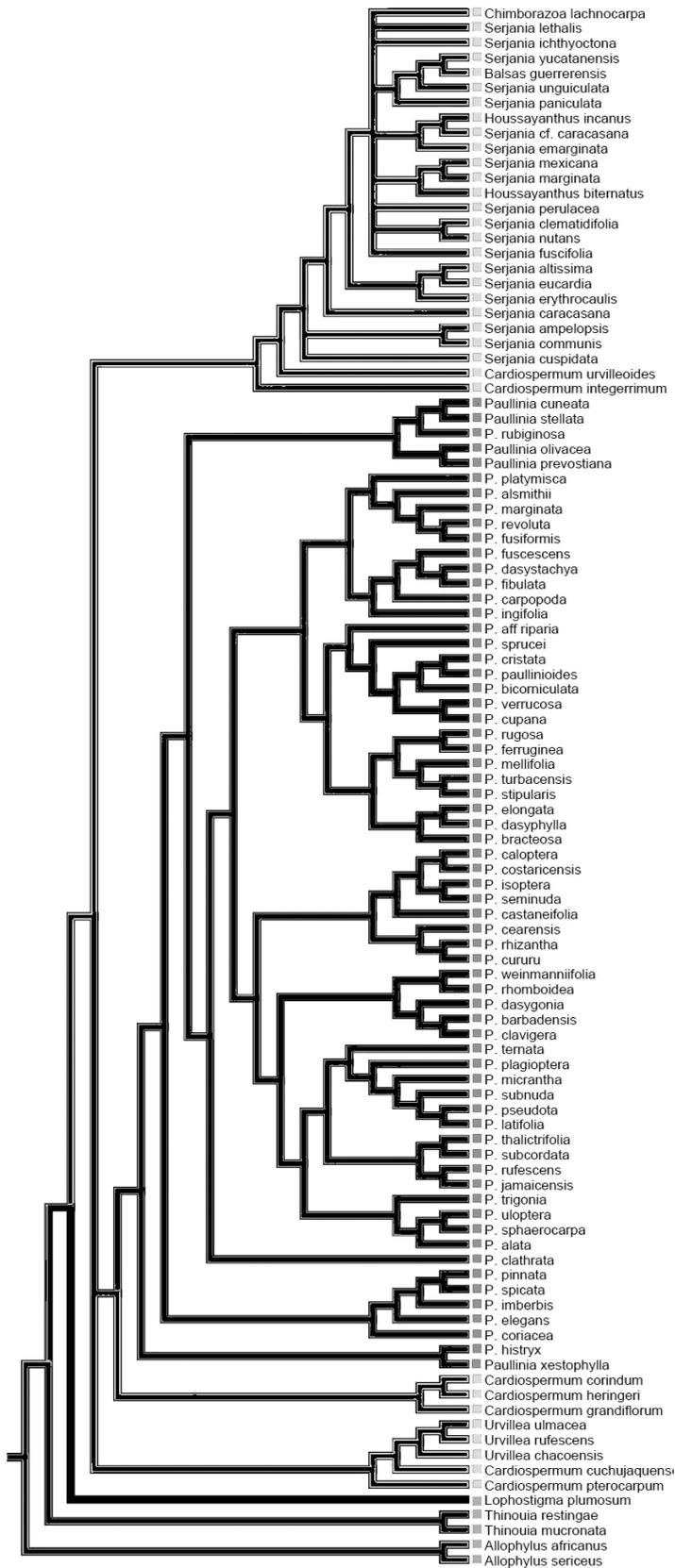


Figura 3. Traçado evolutivo do estado de caráter *tamanho* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paulinieae proposta por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017)

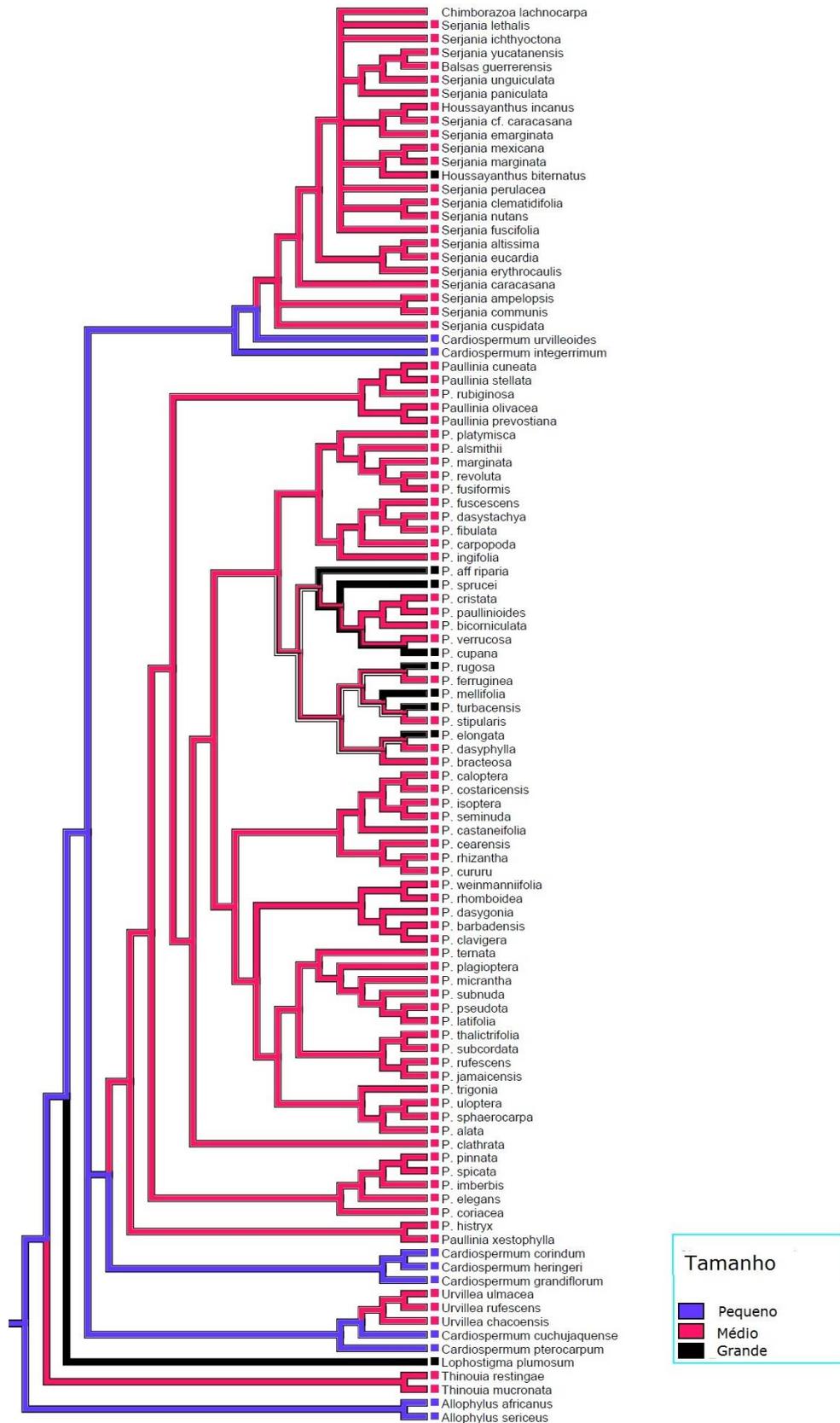


Figura 4. Traçado evolutivo do estado de caráter *tipo de abertura* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposto por Acevedo-Rodriguez *et al.* (2017)

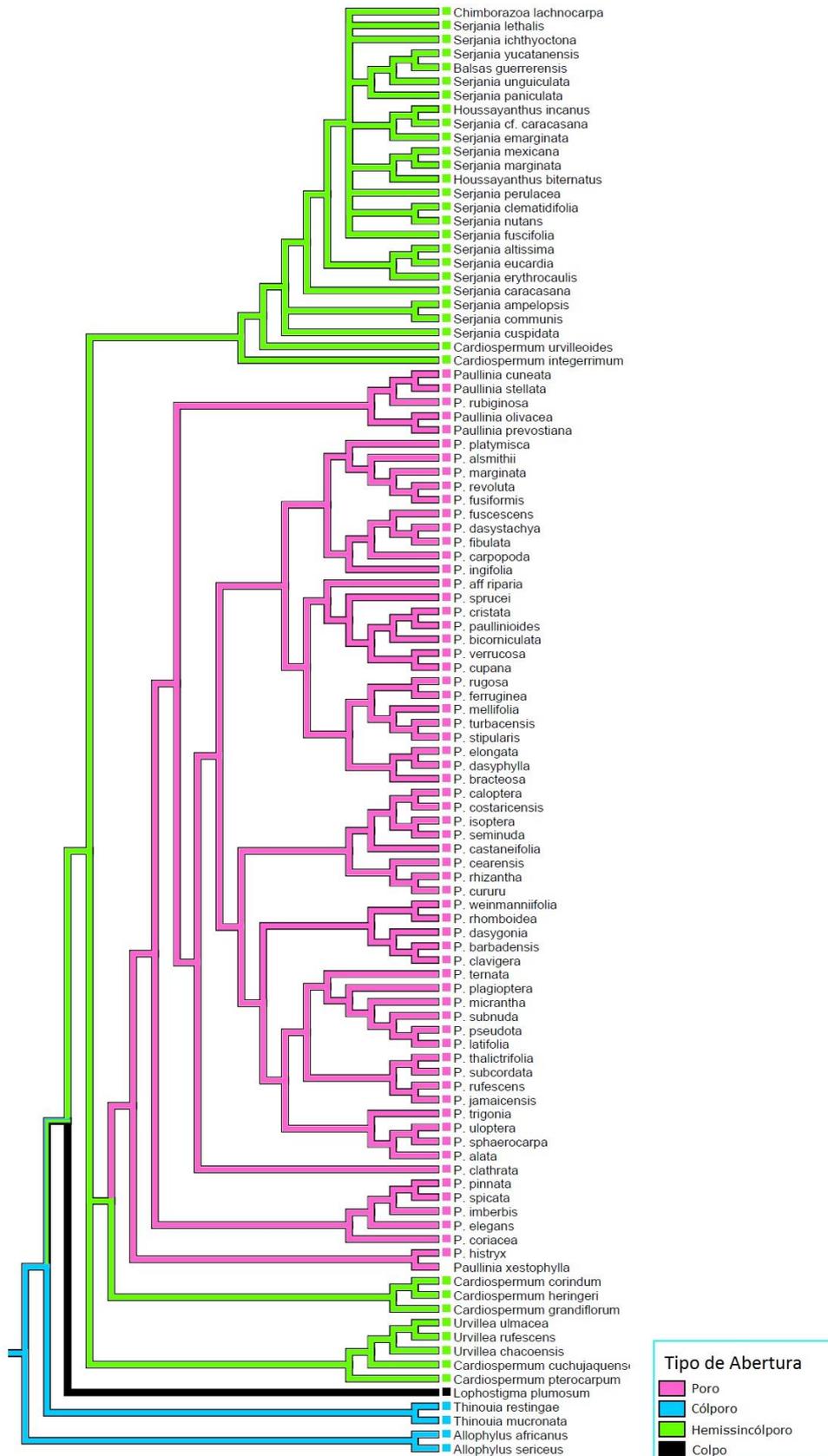


Figura 5. Traçado evolutivo do estado de caráter *nº de abertura* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017)

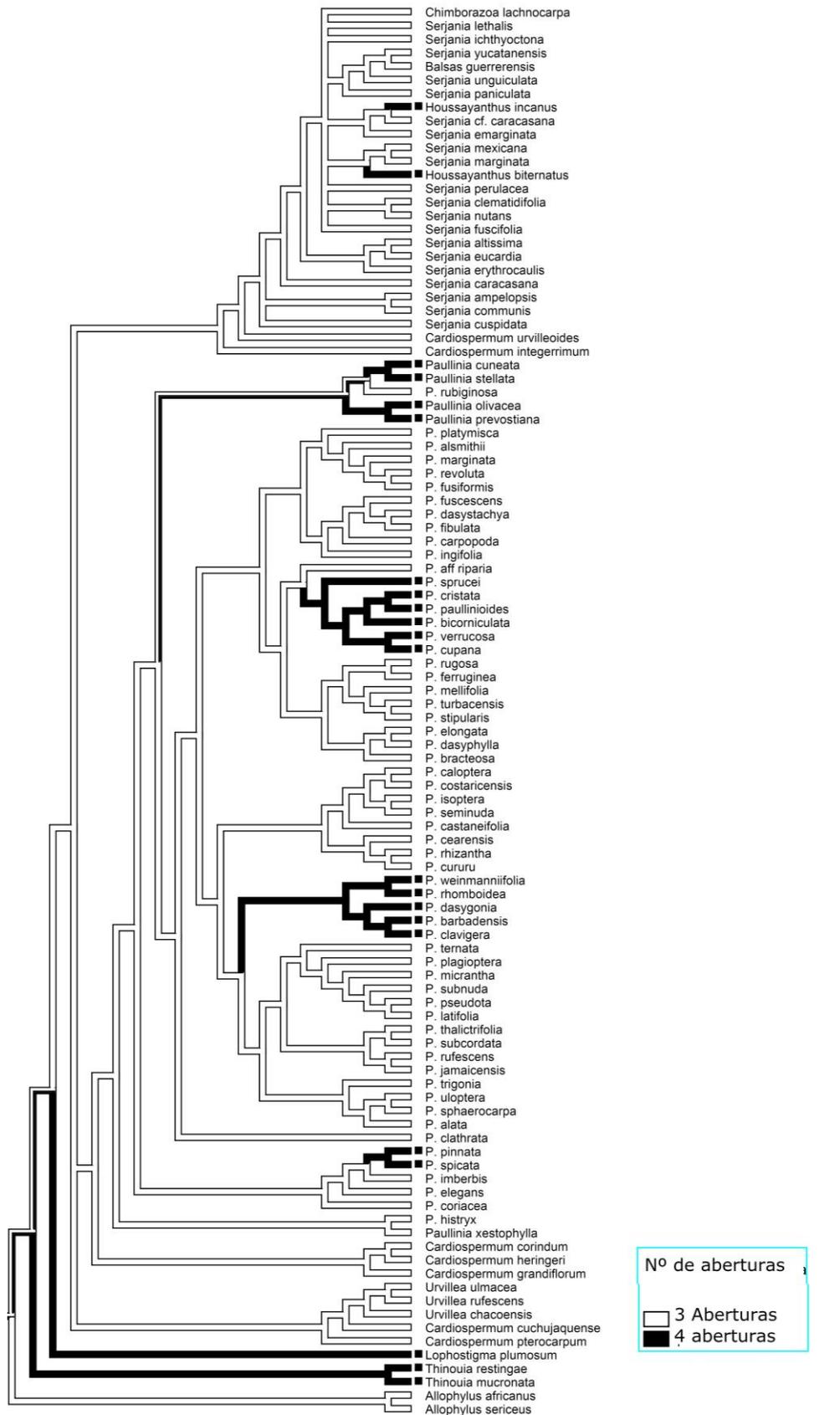


Figura 6. Traçado evolutivo do estado de caráter *polaridade* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodriguez *et al.* (2017)



Figura 7. Traçado evolutivo do estado de caráter *ornamentação* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposto por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017)

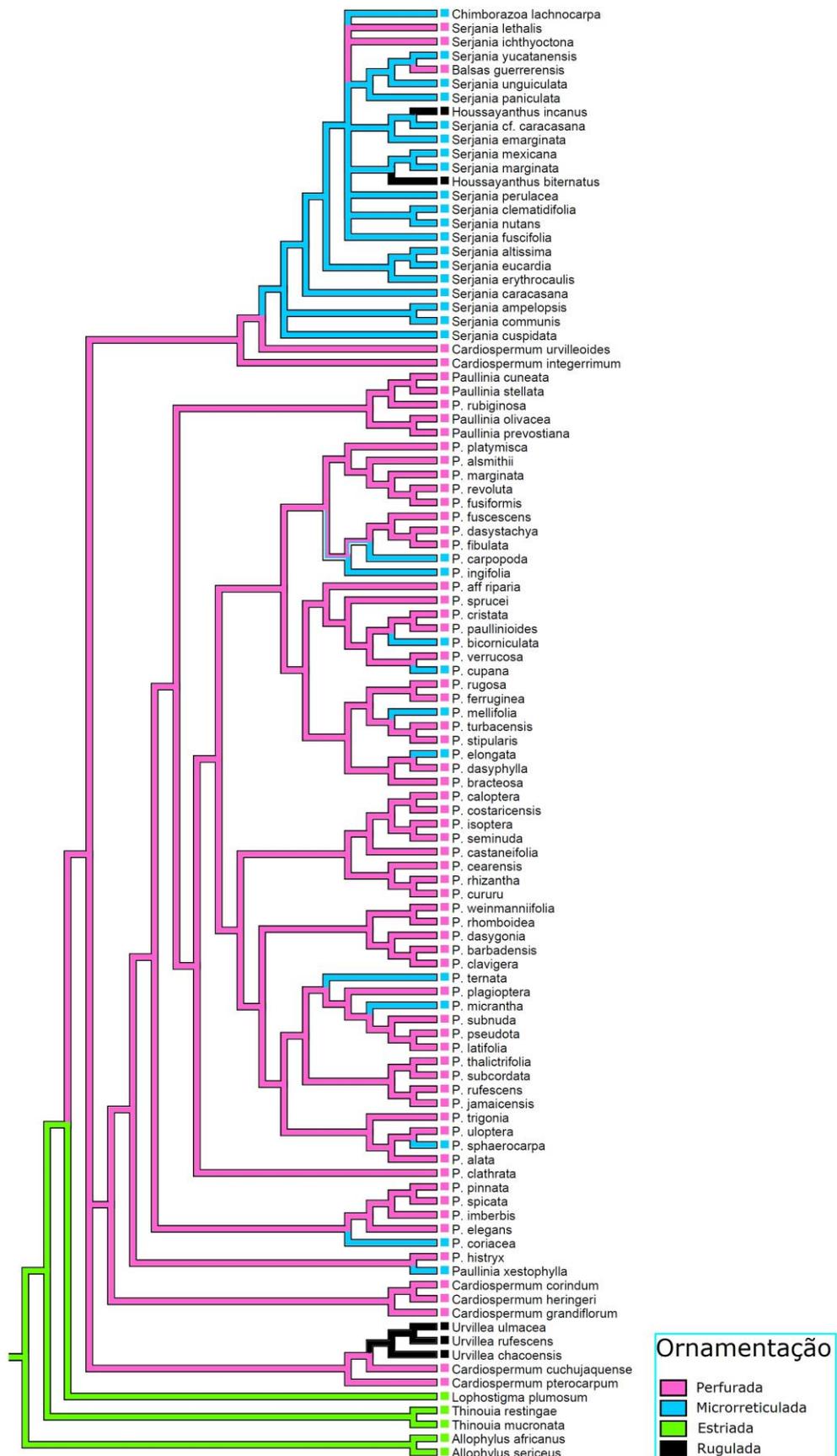
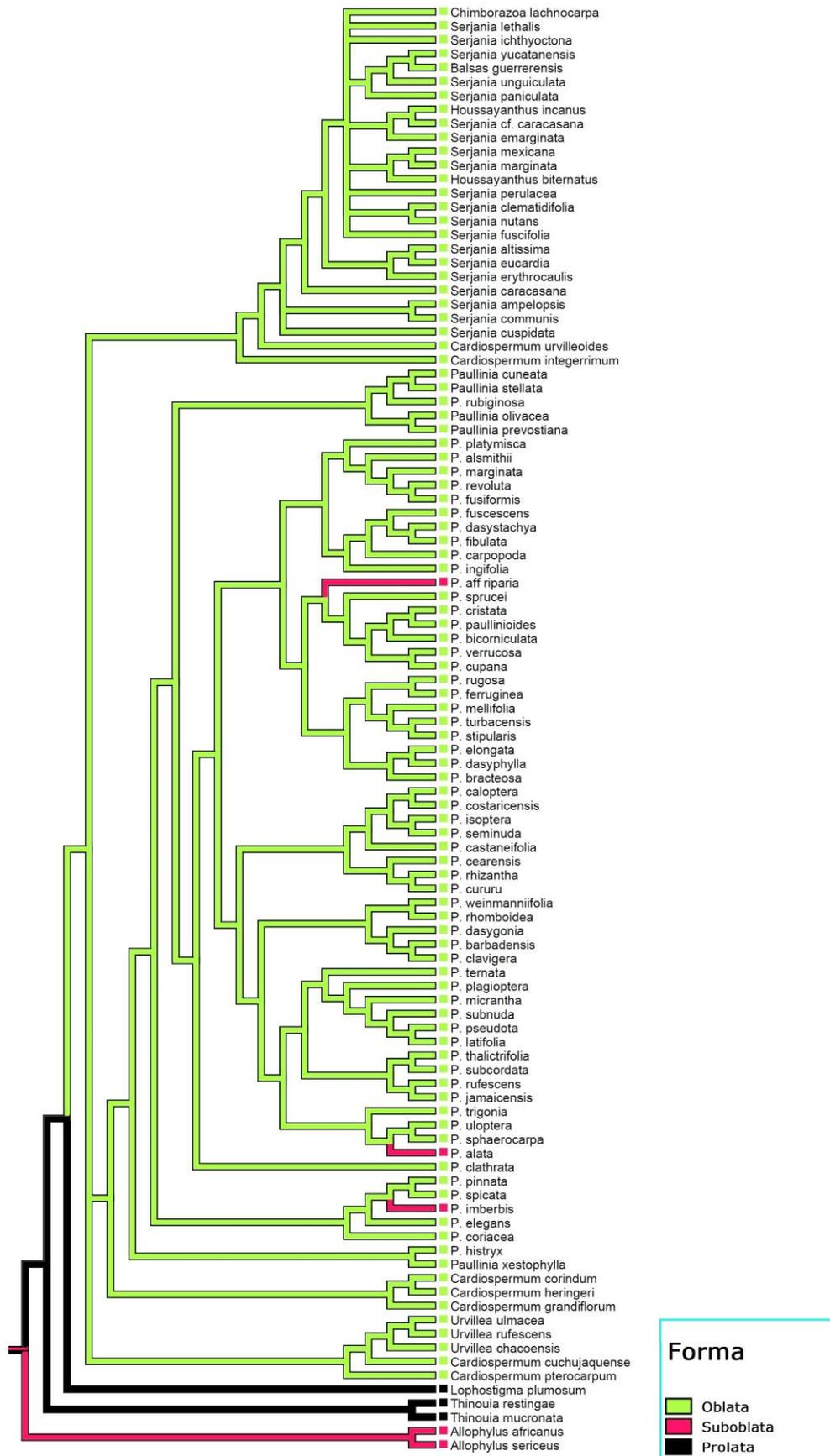


Figura 8. Traçado evolutivo do estado de caráter *âmbito* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017)



Figura 9. Traçado evolutivo do estado de caráter *forma* na árvore de consenso da filogenia da tribo Paullinieae proposita por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017)



Anexo I – Árvore filogenética molecular porposta por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017), Paullinoideae e grupo irmão:

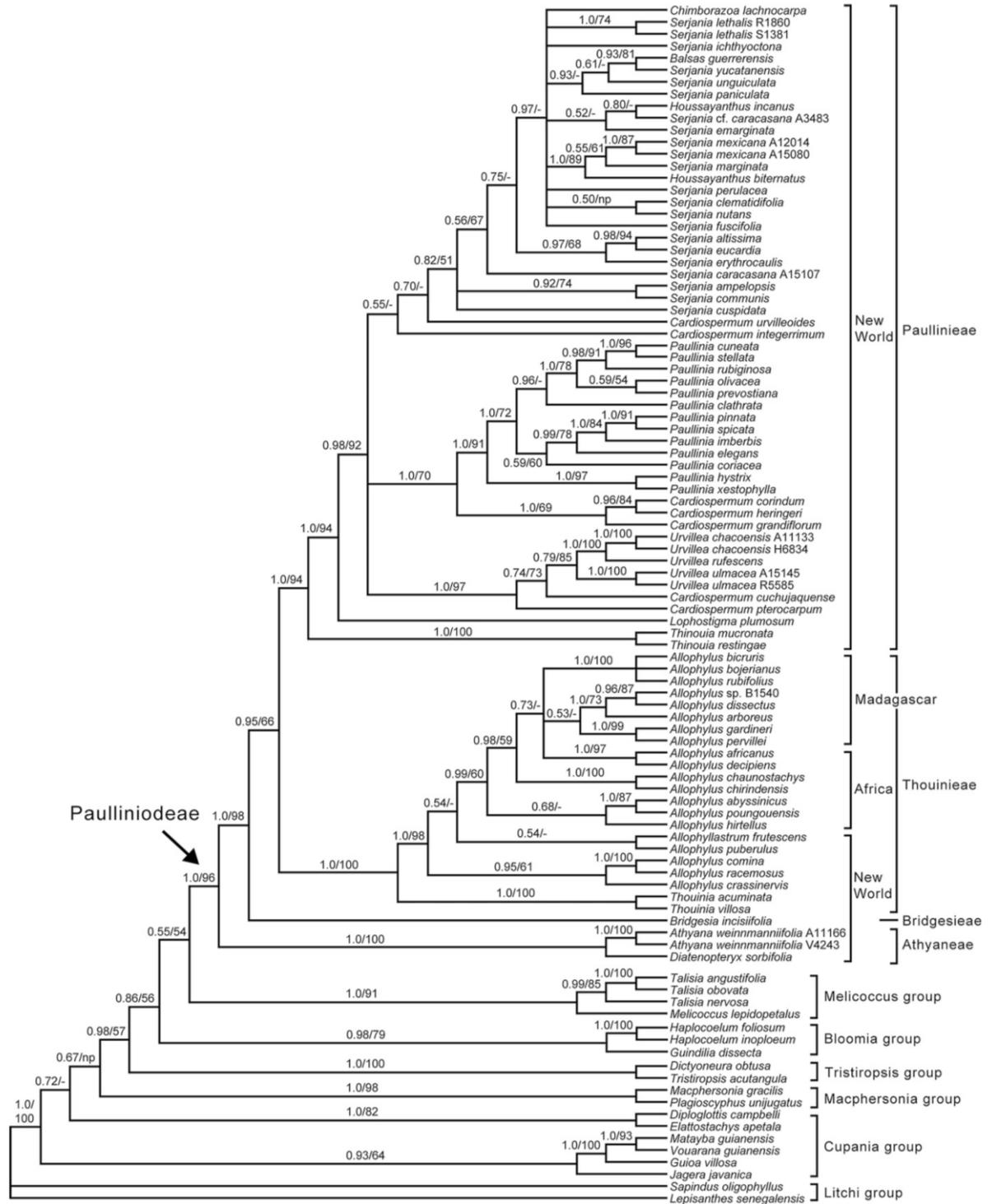
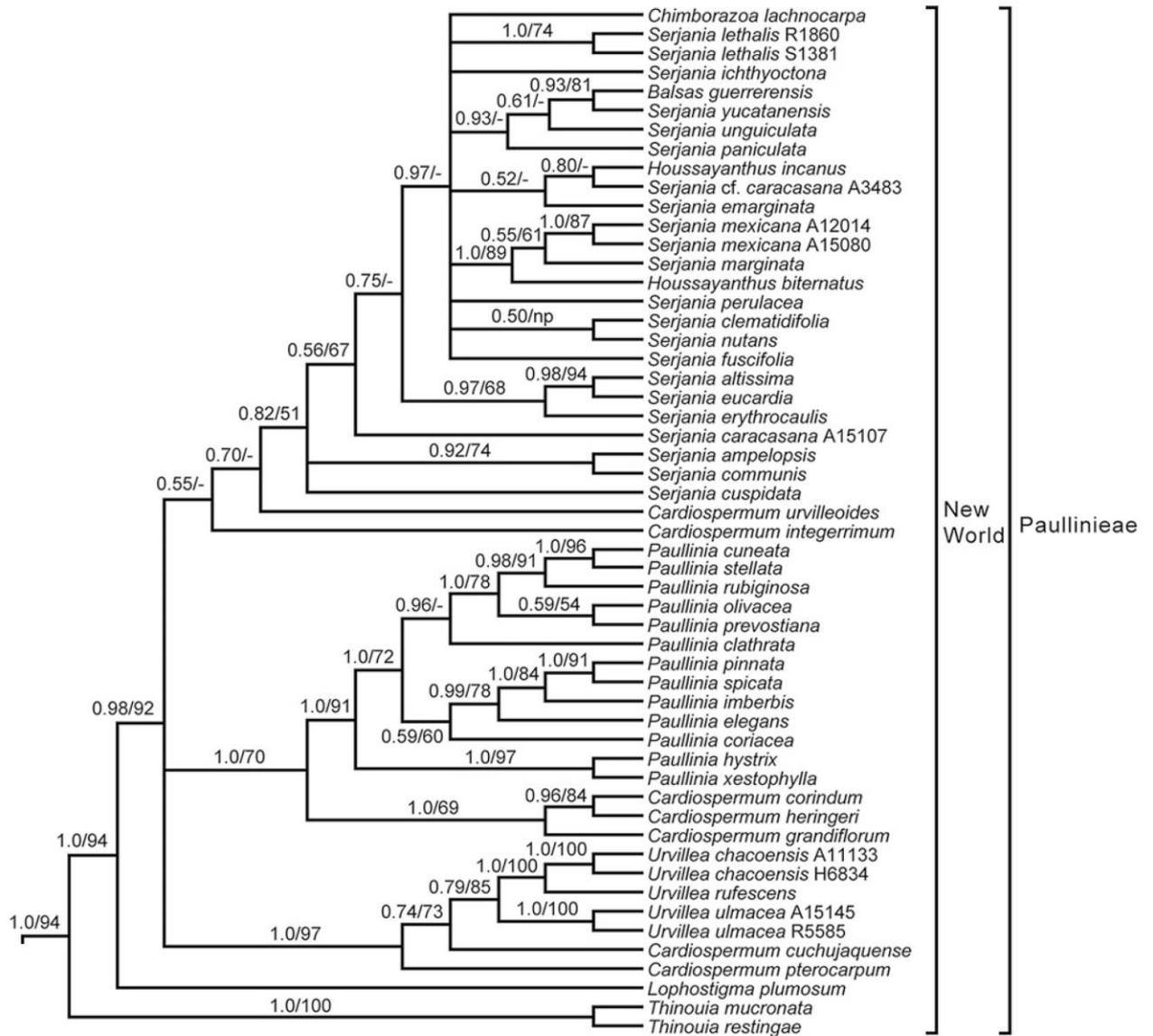


FIG. 2. Bayesian 50% majority-rule consensus tree based on the combined two marker, 99-tip data set for Paullinoideae and outgroups. Bayesian posterior probability values ≥ 0.50 are indicated above branches, followed by RAxML bootstrap values $\geq 50\%$. (-) = value < 0.50/50%. np = an edge recovered in the Bayesian tree but not present with ML.

Anexo II – Clado Paullinieae do Novo Mundo da árvore filogenética molecular porposta por Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017):



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em *Paullinia* a diversidade dos atributos palinológicos aqui apontados são apresentados em uma abordagem holística do gênero. Além de inéditos para a maioria dos táxons, a integração destes dados polínicos com as hipóteses filogenéticas recentemente publicadas, possibilitaram traçar a evolução destes caracteres dentro da família, com maior abordagem na tribo Paullinieae assim como propor novas sinapomorfias para os clados.

A caracterização da morfologia polínica de *Paullinia* permitiu analisar a similaridade entre as espécies. Destas foi possível caracterizá-las quanto ao tamanho, à forma, à espessura do ânulo, quantidade de aberturas, à presença ou ausência de costa. Dos caracteres polínicos analisados, o tipo de abertura (poro, colpo e cólporo) permite distinguir os gêneros na família. No entanto, para distinguir as espécies de *Paullinia* é necessário um conjunto de atributos polínicos. As espécies são de difícil delimitação, pois são similares em muitos aspectos como ornamentação, âmbito, tipo e quantidade de abertura, e as dimensões dos diâmetros se sobrepõem. As espécies de *Paullinia* se caracterizaram por apresentar grãos de pólen em mônades, médios ou grandes, isopolares, heteropolares ou subisopolares, área polar pequena ou muito pequena, aberturas em poro, ornamentação perfurada podendo estar associada com grânulos.

Das 60 espécies aqui estudadas, foi caracterizada a palinologia com registros da morfologia polínica em microscopia de luz e eletrônica de varredura e ilustrados pela primeira vez os grãos de pólen de 53 espécies de *Paullinia*, a saber: *P. alata*, *P. alsmithii*, *P. barbadensis*, *P. bicorniculata*, *P. bracteosa*, *P. caloptera*, *P. carpopoda*, *P. cearensis*, *P. clathrata*, *P. clavigera*, *P. coriacea*, *P. costaricensis*, *P. cristata*, *P. cururu*, *P. dasygonia*, *P. dasyphylla*, *P. dasystachya*, *P. elongata*, *P. ferruginea*, *P. fibulata*, *P. fuscescens*, *P. fusiformis*, *P. historyx*, *P. imberbis*, *P. ingifolia*, *P. isoptera*, *P. jamaicensis*, *P. latifolia*, *P. marginata*, *P. micrantha*, *P. paullinioides*, *P. plagioptera*, *P. platymisca*, *P. pseudota*, *P. revoluta*, *P. rhizantha*, *P. rhomboidea*, *P. aff riparia*, *P. rubiginosa*, *P. rufescens*, *P. rugosa*, *P. seminuda*, *P. sphaerocarpa*, *P. spicata*, *P. sprucei*, *P. stipularis*, *P. subcordata*, *P. subnuda*, *P. ternata*, *P. thalictrifolia*, *P. trigonia*, *P. turbacensis*, *P. uloptera*, *P. verrucosa*.

Das variações morfológicas aqui apresentadas a mais intrigante foi grãos de pólen das flores femininas estarem positivos para o teste de viabilidade. Seria interessante uma investigação na Biologia Floral de *Paullinia*, no que diz respeito à fertilidade desses grãos de pólen das espécies aqui sinalizadas como viáveis a fim de entender a complexidade dos sistemas reprodutivos e suas estratégias.

Das dificuldades encontradas durante a realização deste estudo, a mais relevante a ser destacada foi encontrar material nas exsicatas com flores femininas, uma vez que em

Paullinia há uma separação temporal no desenvolvimento das flores masculinas e femininas. Nem sempre em uma exsicata com flores masculinas em antese encontram-se botões com flores femininas desenvolvidas.

A morfologia polínica corroborou o monofiletismo do gênero *Paullinia*. A inclusão de dados morfológicos dos grãos de pólen dos demais gêneros da tribo Paullinieae, no esquema hipotético da filogenia aqui apresentada sustenta propostas de monofiletismo dos gêneros *Hossayanthus* e *Cardiospermum* respaldada na morfologia polínica. A morfologia polínica dos gêneros *Chimborozoa* e *Balsas* também corrobora à proposta de Acevedo-Rodríguez *et al.* (2017) de inclusão ao gênero *Serjania*.

Ainda há muito o que compreender sobre os caminhos evolutivos da família, principalmente ao complexo clado das trepadeiras da tribo Paullinieae. O aprofundamento das questões aqui apontadas sugere a inclusão dos dados polínicos na matriz geral de dados morfológicos, a fim de elaborar uma hipótese filogenética combinada de dados morfológicos e moleculares. Sendo este o caminho a ser percorrido para a elucidação dos questionamentos na taxonomia do grupo.

Por fim, a morfologia polínica do gênero é um marcador morfológico útil capaz de sustentar clados e diferenciar táxons relacionados ou circunscrever grupos taxonômicos, na busca de uma nova classificação infragenérica.