

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARIN STANSKI UCZAK

PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA DE RUBIACEAE JUSS.

CURITIBA

2018

CARIN STANSKI UCZAK

PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA DE RUBIACEAE JUSS.

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dr^a Yoshiko Saito Kuniyoshi
Coorientadora: Pesq. Dr^a Cynthia F. P. Luz
Coorientador: Prof. Dr André Olmos Simoes

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Uczak, Carin Stanski

Palinologia aplicada à sistemática de rubiaceae juss. / Carin Stanski
Uczak. – Curitiba, 2018.
145 f. : il.

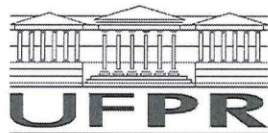
Orientadora: Profa. Dra. Yoshiko Saito Kuniyoshi
Coorientadores: Profa. Dra. Cynthia Fernandes Pinto da Luz
Prof. Dr. André Olmos Simões

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa:
Curitiba, 20/09/2018.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Palinologia. 2. Rubiaceae. 3. Pólen. 4. Morfologia. 5. Teses. I.
Kuniyoshi, Yoshiko Saito. II. Luz, Cynthia Fernandes Pinto da. III. Simões,
André Olmos. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias. V. Título.

CDD – 582
CDU – 582



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **CARIN STANSKI UCZAK** intitulada: **PALINOLOGIA APLICADA À SISTEMÁTICA DE RUBIACEAE JUSS.**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 20 de Setembro de 2018.

YOSHIKO SAITO KUNIYOSHI
Presidente da Banca Examinadora

CYNTHIA FERNANDES PINTO DA LUZ
Avaliador Externo

NELSON LUIZ COSMO
Avaliador Externo

CARLA POLESSELLI BRUNIERA
Avaliador Externo

MARILIA BORG
Avaliador Externo



*À minha querida mãe Luzia Elizabete,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho, de maneira especial:

- *À minha orientadora Prof. Dr^a. Yoshiko Saito Kuniyoshi pela paciência, confiança, orientação e principalmente pela amizade.*
- *À minha co-orientadora Pesquisadora Dr^a. Cynthia Fernandes Pinto da Luz do Instituto de Botânica de São Paulo, por seus ensinamentos desde 2011 até o presente momento, sobretudo por sua co-orientação, paciência e amizade.*
- *Ao meu co-orientador Prof. Dr. André Simões Olmos da Universidade Estadual de Campinas, pelas contribuições e sugestões neste trabalho.*
- *A Prof. Msc. Melissa Koch Fernandes de Souza Nogueira da Universidade Estadual de Ponta Grossa, por todas as oportunidades e incentivos desde a graduação e contribuições neste trabalho.*
- *À Osmar dos Santos Ribas e José Tadeu Weidlich Motta, curadores do Herbário do Museu Botânico Municipal de Curitiba (MBM); Dr^a. Rosângela Capuano Tardivo curadora do Herbário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (HUPG); Dr. Christopher Thomas Blum curador do Herbário da Escola de Florestas de Curitiba (EFC), pela disponibilização do material polínico para o desenvolvimento deste trabalho.*
- *Aos amigos do alojamento do Instituto de Botânica de São Paulo: Andréa, Higor, Vera Lygia, Camilas Araújo e Carvalho. Obrigada pela recepção e convivência nestes últimos 3 anos! Vocês são incríveis!*
- *A Msc. Valéria Leobina pela amizade, paciência e auxílio com metodologias para eliminação do pollenkitt das espécies de Rubiaceae.*
- *À querida Pesquisadora Msc. Maria Angela Correa Pando, pela amizade e contribuições palinológicas neste trabalho.*
- *À minha família, em especial meus pais Luzia Elizabete e Jorge Stanski, meus irmãos Kátia, Fabiane e Leandro, pelo incentivo, apoio e carinho.*
- *Aos meus sogros, Marilúci e José Ademir, por todo apoio e carinho recebido.*
- *Ao meu esposo Diego, por ter paciência e compreender minhas ausências e por contribuir confeccionando as pranchas deste trabalho.*
- *Ao C-LABMU – Complexo de Laboratórios Multiusuários da Universidade Estadual de Ponta Grossa e seus funcionários pela disponibilidade e auxílio para utilização do microscópio eletrônico de varredura FEG.*

- *Ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (IBt-SP) pelo uso das instalações e equipamentos do laboratório do Núcleo de Pesquisa em Palinologia (NPP).*
- *Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade deste doutorado.*
- *À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.*

“Não pretendemos que as coisas mudem, se sempre fazemos o mesmo. A crise é a melhor benção que pode ocorrer com as pessoas e países, porque a crise traz progressos. A criatividade nasce da angústia, como o dia nasce da noite escura. É na crise que nascem as invenções, os descobrimentos e as grandes estratégias. Quem supera a crise, supera a si mesmo sem ficar ‘superado’. Quem atribui à crise seus fracassos e penúrias, violenta seu próprio talento e respeita mais os problemas do que as soluções. Sem crise não há desafios; sem desafios, a vida é uma rotina, uma lenta agonia. Sem crise não há mérito. É na crise que se aflora o melhor de cada um...”

Albert Einstein

RESUMO

Rubiaceae Juss. é uma das maiores famílias das Angiospermas e a que possui o maior número de gêneros heterostílicos. A heterostilia é uma síndrome controlada geneticamente relacionada à forma que uma espécie produz flores. Em plantas distílicas, as flores que diferem na altura das anteras e do estigma são denominadas de brevistilas (estiletos longos e estames curtos) e longistilas (estiletos curtos e estames longos). Diferenças no tamanho dos grãos de pólen, quantidade produzida e ornamentação da exina podem ser explicadas por este dimorfismo em muitos gêneros de Rubiaceae. Devido aos poucos trabalhos na família que analisam as variações polínicas decorrentes da distilia floral, foi estudada a morfologia dos grãos de pólen de 40 espécies pertencentes aos gêneros *Amaioua* (1 sp.), *Bathysa* (1 sp.), *Borreria* (2 sp.), *Chiococca* (1 sp.), *Coccocypselum* (1 sp.), *Cordia* (1 sp.), *Coussarea* (1 sp.), *Declieuxia* (1 sp.), *Emmeorrhiza* (1 sp.), *Galianthe* (3 sp.), *Galium* (3 sp.), *Guettarda* (1 sp.), *Hexasepalum* (1 sp.), *Ixora* (1 sp.), *Manettia Mutis* (4 sp.), *Palicourea* (4 sp.), *Posoqueria* (1 sp.), *Psychotria* (10 sp.) e *Rudgea* (2 sp.), totalizando 144 espécimes, com o intuito de contribuir aos estudos taxonômicos e de biologia reprodutiva da família. Os botões florais foram obtidos de exsicatas depositadas nos herbários do Museu Botânico de Curitiba (MBM), Herbário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (HUPG) e Herbário da Escola de Florestas de Curitiba. Os grãos de pólen foram acetolisados, medidos, descritos, fotografados sob microscopia óptica e elétrono-micrografados sob microscopia eletrônica de varredura. Os grãos de pólen analisados são monades, apolares ou isopolares; pequenos a muito grandes; com âmbito subtriangular, quadrangular, elipsoidal ou esferoidal; oblatos a subprolatos; inaperturados, 2-3-4-porados, 4-5-6-7-8-zonocolpados, 3-4-colporados ou 5-6-7-8-9-10-zonocolporados; com exina semitectada ou tectada perfurada, com ornamentação foveolada-microequinada, foveolada-microreticulada, microreticulada, microreticulada-equinada, microequinada-perfurada, microreticulada-rugulada, reticulada, reticulada-equinada, pilada-perfurada, com variações na forma dos lumens e presença ou ausência de báculos dentro dos lumens. Quanto as diferenças morfológicas decorrentes da distilia, foram observados que os grãos de pólen nos morfos brevistilos são nitidamente maiores que os produzidos pelas flores longistilas em *Borreria verticillata*, *Coccocypselum condalia*, *Coussarea contracta*, *Galianthe verbenoides*, *Psychotria fluminensis*, *P. suterella*, *Rudgea jasminoides* e *R. parquoides*. As outras espécies heterostílicas apresentaram grãos de pólen com tamanhos similares entre os morfos brevistilos e longistilos. Com relação a ornamentação *Psychotria carthagenensis*, *P. fractistipula*, *Rudgea jasminoides* e *R. parquoides* apresentaram um padrão espinhoso consistente apenas nas formas brevistílicas. Os dados palinológicos obtidos confirmaram o caráter euripolínico da família, podendo ser utilizados para futuras abordagens filogenéticas e cladísticas, contribuindo para o avanço do estudo sistemático e morfológico das Rubiaceas.

Palavras-chave: Brevistilo. Família euripolínica. Heterostilia. Longistilo. Morfologia polínica. Paraná.

ABSTRACT

Rubiaceae Juss. is one of the largest families of Angiosperms and the one with the largest number of heterostylous genera. Heterostyly is a genetically controlled syndrome related to the way a species produces flowers. In distylous plants, flowers differing in the lengths of stiletos and stamens are termed brevistylous (termed "thrum", stigma below the level of the anthers) and longistylous (termed "pin", stigma above the level of the anthers). Differences in the sizes of pollen grains, amount produced and exina ornamentation can be explained by this dimorphism in many genera of Rubiaceae. Due to the few studies in the family that analyze the pollen variations due to the floral distyly, the morphology of the pollen grains of 40 species belonging to the genus *Amaioua* (1 sp.), *Bathysa* (1 sp.), *Borreria* (2 sp.), *Chiococca* (1 sp.), *Coccocypselum* (1 sp.), *Cordia* (1 sp.), *Coussarea* (1 sp.), *Declieuxia* (1 sp.), *Emmeorrhiza* (1 sp.), *Galianthe* (3 sp.), *Galium* (3 sp.), *Guettarda* (1 sp.), *Hexasepalum* (1 sp.), *Ixora* (1 sp.), *Manettia* (4 sp.), *Palicourea* (4 sp.), *Posoqueria* (1 sp.), *Psychotria* (10 sp.) and *Rudgea* (2 sp.), totaling 144 specimens, with the aim of contributing to the taxonomic and reproductive biology studies of the family. Flower buds were removed from herbarium specimens deposited in the herbaria Museu Botânico de Curitiba (MBM), Herbário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (HUPG) and Herbário da Escola de Florestas de Curitiba. The pollen grains were acetolysed, measured, described, photographed under light microscopy and electron-micrographed under scanning electron microscopy. The analyzed pollen grains are monads, apolar or isopolar; small to very large; with amb subtriangular, quadrangular, ellipsoidal or spheroidal; oblates to subprolates; 2-3-4-porate, 4-5-6-7-8-zonocolpates, 3-4-colporates or 5-6-7-8-9-10-zonocolporates; with exine semitectate or perforate tectate, with ornamentation foveolate-microechinate, foveolate-microreticulate, microreticulate, microreticulate-echinate, microreticulate-perforate, microreticulate-rugulate, reticulate, reticulate-echinate, pilate-perforate, with variations in the shape of the lumina and presence or absence of baculum within the lumina. As for the morphological differences arising from the distyly, it was observed that the pollen grains in the brevistylous morphs are markedly larger than those produced by the longistylous flowers in *Borreria verticillata*, *Coccocypselum condalia*, *Coussarea contracta*, *Galianthe verbenoides*, *Psychotria fluminensis*, *P. suterella*, *Rudgea jasminoides* and *R. parquioides*. The other heterostylous species presented pollen grains with similar sizes between the brevistylous morphs and longistylous. With respect to ornamentation *Psychotria carthagenensis*, *P. fractistipula*, *Rudgea jasminoides* and *R. parquioides* presented a consistent thorny pattern only in brevistylous forms. The palynological data confirmed the euripalynous character of the family and could be used for future phylogenetic and cladistic approaches, contributing to the advance of the systematic and morphological study of Rubiaceae.

Keywords: Brevistylous. Eurypalynous family. Heterostyly. Longistylous. Paraná. Pollen morphology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PALICOUREA</i> AUBL.	44
FIGURA 2. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PALICOUREA</i> AUBL.	45
FIGURA 3. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L.	46
FIGURA 4. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L.	47
FIGURA 5. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L.	48
FIGURA 6. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L.	49
FIGURA 7. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L.	50
FIGURA 8. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>RUDGEA</i> SALISB.	51
FIGURA 9. IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PALICOUREA</i> AUBL. E <i>PSYCHOTRIA</i> L.	52
FIGURA 10. IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L.	53
FIGURA 11. IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>PSYCHOTRIA</i> L. E <i>RUDGEA</i> SALISB.	54

CAPÍTULO 2

FIGURA 1. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>BORRERIA</i> G.MEY.	79
FIGURA 2. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>EMMEORHIZA</i> POHL EX ENDL., <i>GALIANTHE</i> GRISEB. EX LORENTZ.....	80
FIGURA 3. FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>GALIANTHE</i> GRISEB. EX LORENTZ.	81

FIGURA 4.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>HEXASEPALUM BARTL. EX DC.</i> E <i>MANETTIA MUTIS EX L.</i>	82
FIGURA 5.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>MANETTIA MUTIS EX L.</i>	83
FIGURA 6.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>MANETTIA MUTIS EX L.</i>	84
FIGURA 7.	IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>BORRERIA G.MEY</i> , <i>EMMEORHIZA POHL EX ENDL.</i> , <i>GALIANTHE GRISEB. EX LORENTZ.</i>	85
FIGURA 8.	IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>GALIANTHE GRISEB. EX LORENTZ.</i>	86
FIGURA 9.	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) REALIZADA COM AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>BORRERIA G.MEY</i> , <i>EMMEORHIZA POHL EX ENDL.</i> , <i>GALIANTHE GRISEB. EX LORENTZ.</i> , <i>HEXASEPALUM BARTL. EX DC.</i> E <i>MANETTIA MUTIS EX L.</i>	87

CAPÍTULO 3

FIGURA 1.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>AMAIOUA AUBL.</i> , <i>BATHYSA C.PRESL</i> , <i>CHIOCOCCA P.BROWNE</i> , <i>COCCOCYPSELUM P.BROWNE</i>	115
FIGURA 2.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>COCCOCYPSELUM P.BROWNE.</i> , <i>CORDIERA A.RICH. EX DC.</i> , <i>COUSSAREA AUBL</i> E <i>DECLIEUXIA KUNTH.</i>	116
FIGURA 3.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>DECLIEUXIA KUNTH.</i> E <i>GALIUM L.</i>	117
FIGURA 4.	FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>GUETTARDA L.</i> , <i>IXORA L.</i> E <i>POSOQUERIA AUBL.</i>	118
FIGURA 5.	IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>AMAIOUA AUBL.</i> , <i>BATHYSA C.PRESL</i> , <i>CHIOCOCCA P.BROWNE</i> , <i>COCCOCYPSELUM P.BROWNE.</i>	119
FIGURA 6.	IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>COUSSAREA AUBL.</i> , <i>DECLIEUXIA KUNTH.</i> , <i>GALIUM L.</i>	120

FIGURA 7. IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *GUETTARDA* L., *IXORA* L. E *POSOQUERIA* AUBL.121

FIGURA 8. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) REALIZADA COM AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *AMAIOWA* AUBL., *BATHYSA* C.PRESL, *CHIOCOCCA* P.BROWNE, *COCCOCYPSELUM* P.BROWNE., *CORDIERA* A.RICH. EX DC., *COUSSAREA* AUBL E *DECLIEUXIA* KUNTH, *GALIUM* L., *GUETTARDA* L., *IXORA* L. E *POSOQUERIA* AUBL.....122

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- TABELA 1. CARACTERÍSTICAS POLÍNICAS E MEDIDAS (μm) DE GRÃOS DE PÓLEN INAPERTURADOS DE *PALICOUREA*, *PSYCHOTRIA* E *RUDGEA* (RUBIACEAE) EM MICROSCOPIA DE LUZ (N = 25).....38
- TABELA 2. MEDIDAS (μm) DE GRÃOS DE PÓLEN COLPADOS DE *PSYCHOTRIA* (RUBIACEAE) EM MICROSCOPIA DE LUZ (N = 25).....40
- TABELA 3. MEDIDAS (μm) DO COMPRIMENTO E LARGURA DOS COLPOS DE GRÃOS DE PÓLEN EM VISTA EQUATORIAL, CAMADAS DA EXINA E ÍNDICE (IAP) E TAMANHO DA ÁREA POLAR DE GRÃOS DE PÓLEN DE ESPÉCIES DE *PALICOUREA* E *PSYCHOTRIA* (RUBIACEAE) (N = 10).....41

CAPÍTULO 2

- TABELA 1. CARACTERÍSTICAS POLÍNICAS E MEDIDAS (μm) DO EIXO POLAR E EQUATORIAL DOS GRÃOS DE PÓLEN DE ESPÉCIES DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*, *HEXASEPALUM* E *MANETTIA* (RUBIACEAE) (N = 25).....74
- TABELA 2. MEDIDAS (μm) DO COMPRIMENTO E LARGURA DOS COLPOS DE GRÃOS DE PÓLEN EM VISTA EQUATORIAL. CAMADAS DA EXINA E ÍNDICE (IAP) E TAMANHO DA ÁREA POLAR DE GRÃOS DE PÓLEN DE ESPÉCIES DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*, *HEXASEPALUM* E *MANETTIA* (RUBIACEAE) (N = 10).....76
- TABELA 3. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*, *HEXASEPALUM* E *MANETTIA*. E OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA ORDENAÇÃO PELA ACP.....87

CAPÍTULO 3

TABELA 1.	CARACTERÍSTICAS POLÍNICAS E MEDIDAS (μm) DO EIXO POLAR E EQUATORIAL DOS GRÃOS DE PÓLEN DE ESPÉCIES DE <i>AMAIQUA</i> , <i>BATHYSA</i> , <i>CHIOCOCCA</i> , <i>COCCOCYPSELUM</i> , <i>CORDIERA</i> , <i>COUSSAREA</i> , <i>DECLIEUXIA</i> , <i>GALIUM</i> , <i>GUETTARDA</i> , <i>IXORA</i> E <i>POSOQUERIA</i> (RUBIACEAE) (N = 25).....	110
TABELA 2.	MEDIDAS (μm) DO COMPRIMENTO E LARGURA DOS COLPOS DE GRÃOS DE PÓLEN EM VISTA EQUATORIAL, CAMADAS DA EXINA E ÍNDICE (IAP) E TAMANHO DA ÁREA POLAR DE GRÃOS DE PÓLEN DE ESPÉCIES DE <i>AMAIQUA</i> , <i>BATHYSA</i> , <i>CHIOCOCCA</i> , <i>COCCOCYPSELUM</i> , <i>CORDIERA</i> , <i>COUSSAREA</i> , <i>DECLIEUXIA</i> , <i>GALIUM</i> , <i>GUETTARDA</i> , <i>IXORA</i> E <i>POSOQUERIA</i> (RUBIACEAE) (N = 10).....	112
TABELA 3.	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DO PRIMEIRO E SEGUNDO EIXOS DA ORDENAÇÃO DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) EM GRÃOS DE PÓLEN DE <i>AMAIQUA</i> , <i>BATHYSA</i> , <i>CHIOCOCCA</i> , <i>COCCOCYPSELUM</i> , <i>CORDIERA</i> , <i>COUSSAREA</i> , <i>DECLIEUXIA</i> , <i>GALIUM</i> , <i>GUETTARDA</i> , <i>IXORA</i> E <i>POSOQUERIA</i>	122

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	18
OBJETIVOS.....	23
HIPÓTESES.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
CAPÍTULO 1.....	30
POLLEN MORPHOLOGY OF <i>PALICOUREA</i> AUBL., <i>PSYCHOTRIA</i> L. AND <i>RUDGEA</i> SALISB HETEROSTYLOUS SPECIES (TRIBE PALICOUREEAE, RUBIACEAE) OCCURRING IN SOUTH BRAZIL.....	30
1 INTRODUCTION.....	31
2 MATERIAL AND METHODS.....	32
3 RESULTS.....	34
3.1 GENERAL DESCRIPTION OF POLLEN MORPHOLOGY.....	34
3.2 DESCRIPTION OF POLLEN TYPES.....	34
3.2.1 Type I – Inaperturate pollen.....	34
3.2.2 Type II – Tricolpate and tetracolpate pollen.....	36
4 DISCUSSION.....	55
5 CONCLUSIONS.....	57
6 SPECIMENS INVESTIGATED.....	58
REFERENCES.. ..	59
CAPÍTULO 2.....	64
CARACTERIZAÇÃO MORFOPOLÍNICA DE ESPÉCIES DE <i>BORRERIA</i> G.MEY., <i>EMMEORHIZA</i> POHL EX ENDL., <i>GALIANTHE</i> GRISEB. EX LORENTZ, <i>HEXASEPALUM</i> BARTL. EX DC., <i>MANETTIA</i> MUTIS EX L. (SPERMACOCEAE – RUBIACEAE) OCORRENTES NA REGIÃO SUL DO BRASIL	64
1 INTRODUÇÃO.....	65
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	67
3 RESULTADOS.....	69
3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA MORFOLOGIA DO PÓLEN.....	72
3.2 DESCRIÇÃO DOS TIPOS POLÍNICOS.....	72
3.2.1 Tipo I – Pólen 6-7-8-9-10-zonocolpado.....	72
3.2.2 Tipo II – Pólen 3-4-zonocolporado.....	72

3.3 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....	88
4 DISCUSSÃO.....	89
5 CONCLUSÕES.....	92
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICE 1.....	97
CAPÍTULO 3	99
MORFOLOGIA POLÍNICA DE ESPÉCIES DE RUBIACEAE OCORRENTES NO ESTADO DO PARANÁ - SUL DO BRASIL.....	99
1 INTRODUÇÃO	100
2 MATERIAL E MÉTODOS	102
3 RESULTADOS	104
3.1 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....	122
4 DISCUSSÃO	124
5 CONCLUSÃO	126
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICE 2.....	130
APÊNDICE 3.....	132
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	137

1. INTRODUÇÃO GERAL

Rubiaceae Juss. é a quarta maior família entre as Angiospermas com cerca de 583 gêneros e mais de 13.765 espécies (GOVAERTS et al., 2018), que naturalmente habitam áreas tropicais e subtropicais do mundo, com poucas espécies próprias de áreas temperadas e frias (DELPRETE, 1999b; DELPRETE; SMITH; KLEIN, 2004). No Brasil, a família é representada por cerca de 118 gêneros e 1.470 espécies (GOVAERTS et al., 2018), e no Sul do Brasil, ocorrem 47 gêneros e 173 espécies (BARBOSA et al., 2015).

A família Rubiaceae foi posicionada por Cronquist (1981), na classe Asterideae em uma ordem própria, Rubiales, segregada de Gentianales pela ausência de floema interno. Contudo, estudos filogenéticos utilizando dados moleculares concluíram que a família realmente pertence à ordem Gentianales, sendo grupo irmã das demais famílias da ordem (BACKLUND et al., 2000; OLMSTEAD et al., 2000; SOLTIS et al., 2000).

As Rubiáceas foram classicamente reconhecidas como uma família monofilética, mas a classificação intrafamiliar ainda se encontra em discussão. Robbrecht (1988, 1993) propôs uma classificação com quatro subfamílias (Rubioideae, Antirrhoideae, Ixoroideae e Cinchonoideae) e 44 tribos. No entanto, estudos moleculares posteriores (BREMER; JANSEN, 1991; BREMER; ERIKSSON, 1992; BREMER; MANEN, 2000; BREMER et al., 1995; ROVA et al., 2002; DESSEIN, 2003), contestaram a classificação proposta por Robbrecht (1988), indicando que a família deveria ser dividida em três subfamílias: Rubioideae, Ixoroideae e Cinchonoideae *sensu* Bremer et al. (1999), e duas outras tribos, nomeadamente Luculieae e Coptosapelteae, que possuem posições filogenéticas fora das três subfamílias. Recentemente, Yang et al. (2016) reconstruíram a filogenia de Gentianales e concluíram que as cinco famílias pertencentes a esta ordem são monofiléticas, incluindo Rubiaceae, fornecendo novas evidências sobre os clados intrafamiliares, como a descoberta de que Craterispermeae era irmã de Morindeae e que Theligoneae era irmã de Putorieae em Rubiaceae.

Rubiaceae possui representantes de hábitos variados, desde árvores, arbustos, subarbustos, ervas perenes ou anuais, lianas e raramente epífitas. Caracterizam-se, principalmente, por apresentarem folhas simples, opostas cruzadas ou verticiladas; estípulas interpeciolares ou intrapeciolares, persistentes ou decíduas; flores monoclinas ou díclinas, geralmente actinomorfas, heterostílicas ou não, corola gamopétala, androceu isômero, com os estames alternos aos lobos da corola, ovário ínfero, 1-4 locular, com 1 a muitos óvulos por lóculo. Fruto capsular, esquizocárpico, bagáceo ou drupáceo (DELPRETE et al., 2004; DELPRETE, 2010; JUNG-MENDAÇOLLI, 2007).

Conhecida tradicionalmente como a família do café, *Coffea* é o gênero com maior importância econômica dentro da família, cultivado em regiões tropicais do mundo inteiro. Algumas espécies produzem alcalóides e são utilizados na medicina popular como fontes de remédios naturais (por exemplo, *Cinchona*, *Ladenbergia*, *Uncaria*). Algumas plantas provocam danos ao setor agropecuário brasileiro, como espécies dos gêneros *Borreria*, *Richardia* e *Hexasepalum* que são consideradas daninhas e conhecidas como “poaia” e, também causadoras de intoxicação ao gado, assim como *Psychotria* e *Palicourea*, conhecidas como “erva-de-rato”. Alguns gêneros arbóreos são fonte de madeira utilizados na construção de casas, móveis e embarcações (*Calycophyllum*, *Capirona*, *Chimarrhis*, *Parachimarrhis*, *Simira*) e outros produzem frutos comestíveis como *Genipa americana*, conhecida como “jenipapo”. Muitas espécies são cultivadas como ornamentais como *Gardenia jasminoides* (jasmim-do-campo), *Pentas lanceolata* (pentas), entre outras (DELPRETE, 2004; SOUZA; LORENZI, 2012). Devido a abundância, diversidade e presença em todos os estratos da vegetação e em diferentes habitats, a família Rubiaceae é uma importante indicadora a ser utilizada como *proxy* para estudos ecológicos com relação a situação atual da vegetação tropical (DELPRETE; JARDIM, 2012).

Segundo Jung-Mendaçolli (1984), a família apresenta ainda as questões morfológicas relacionados à heterostilia, podendo em decorrência deste fenômeno, apresentar além das diferenças morfológicas e fisiológicas dos verticilos reprodutivos, também morfologia distinta em seus grãos de pólen. A heterostilia é caracterizada como um polimorfismo floral geneticamente controlado, que pode apresentar espécies com dois morfos (distilia) ou três morfos (tristilia) que diferem reciprocamente nos comprimentos dos estiletos e das anteras, que em conjunto com um sistema de autoincompatibilidade dialélico esporofítico, geram sementes férteis somente se o cruzamento ocorrer entre os morfos correspondentes (GANDERS, 1979). Em plantas distílicas, aquelas que possuem flores com estiletos longos e estames curtos são denominadas de longistilas e as que possuem estiletos curtos e estames longos são consideradas brevistilas (DOWRICK, 1956).

Relacionado a heterostilia, pode-se estabelecer um complexo de caracteres morfológicos e fisiológicos que caracterizam as formas heterostílicas. Deste modo, as plantas brevistilas, geralmente, possuem flores com estilete curto, grãos de pólen grandes e papilas estigmáticas curtas, e os morfos longistilos apresentam estames de inserção baixa na corola, grãos de pólen menores e papilas estigmáticas longas. Os cruzamentos entre as formas brevistilas e longistilas são fisiologicamente compatíveis, porém, entre indivíduos de mesma forma, geralmente, são incompatíveis. A distilia é controlada por um complexo gênico, sendo

a forma brevistila heterozigótica (Ss) e a longistila homozigótica (ss) (DOWRICK, 1956). A forma da flor de quase todas as plantas heterostílicas é actinomórfica (Ganders 1979), embora algumas espécies heterostílicas como *Salvia brandegeei* (Barrett et al. 2000), espécies do gênero *Oplonia* (ORNDUFF, 1979d) e da família Pontederiaceae Kunth (ECKENWALDER; BARRETT 1986) possuam flores zigomorfas.

Rubiaceae é a família que possui mais representantes distílicos dentre as Angiospermas, apresentando mais espécies distílicas do que todas as outras famílias juntas, refletindo as diferentes origens da síndrome (HAMILTON, 1990; FAIVRE; MCDADE, 2001), com 109 gêneros e 563 espécies heterostílicas (NAIKI, 2012).

No Paraná, sul do Brasil, foi descrita a ocorrência de espécies de *Amaioua*, *Alibertia*, *Alseis*, *Bathysa*, *Borreria*, *Cephalanthus*, *Chiococca*, *Chomelia*, *Coccocypselum*, *Coussarea*, *Coutarea*, *Declieuxia*, *Deppea*, *Diodia*, *Emmeorhiza*, *Faramea*, *Galianthe*, *Galium*, *Genipa*, *Geophila*, *Guettarda*, *Hamelia*, *Hexasepalum*, *Hoffmannia*, *Hillia*, *Hindsia*, *Ixora*, *Machaonia*, *Malanea*, *Manettia*, *Margaritopsis*, *Mitracarpus*, *Oldenlandia*, *Palicourea*, *Psychotria*, *Posoqueria*, *Randia*, *Richardia*, *Rudgea*, *Sabicea*, *Schwendenera*, *Simira*, *Spermacoce*, *Tocoyena*, por Souza e Souza (1998), Zappi (2003), Linsingen et al. (2006), Dieter et al. (2007), Liebsch e Mikich (2009), Borgo (2010), Marinero et al. (2012), Kaehler et al. (2014), Bruniera e Zappi (2015), Barbosa et al. (2015), Ferreira Junior e Vieira (2015) e Taylor et al. (2015).

A Palinotaxonomia tem extrema importância para a circunscrição dos táxons, já que os grãos de pólen apresentam baixa plasticidade fenotípica e o tipo de ornamentação da exina, bem como o tipo de abertura, são muito conservativos do ponto de vista taxonômico e filogenético, geralmente mantidos na mesma linhagem evolutiva nos diferentes níveis taxonômicos. Sendo assim, o valor dos caracteres polínicos foi reconhecido na Taxonomia das Angiospermas nas propostas recentes de classificação do grupo (APG II, 2003; APG III 2009; APG IV, 2016), uma vez que podem indicar limites taxonômicos, afinidades e dar suporte à análise de esquemas de classificação. Tratando-se dos estudos palinológicos para a família os principais são os de Erdtman (1952, 1971), Baker (1956), Verdcourt (1958), Keraudren-Aymonin et al. (1969), Darwin (1979), Roubik e Moreno (1991), Persson (1993), Pire (1996; 1997), Block e Robbrecht (1998), Piesschaert et al. (2000), Dessein et al. (2002), Molina et al. (2002), Huysmans et al. (2003), Dessein et al. 2005, Khalik et al. (2007), Perveen e Qaiser (2007), Verellen et al. (2007), Cai et al. (2008).

São diversas as aplicações da análise de grãos de pólen, pode-se citar o entendimento da distribuição das espécies no espaço e no tempo, o estudo do conteúdo polínico na atmosfera e de sedimentos, estudo das mudanças da vegetação passada e sua evolução no tempo, datação

de depósitos (MOORE; WEBB, 1978), reconstrução de paleoambientes e paleoclimas (LEAL; LORSCHREITER, 2006).

O estudo do grão de pólen está inter-relacionado com base nos estudos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, florísticos e fitossociológicos que venham a indicar as espécies mais significativas e as associações de plantas que caracterizam os mais distintos ecossistemas.

A análise da morfologia polínica possui grande importância para diferentes ciências, destacam-se a Melissopalínologia, Farmacognosia, Paleobotânica, Paleoecologia, Bromatologia, Farmacologia, Fitoecologia, Zooecologia, Sedimentologia, Medicina Legal, Taxonomia Vegetal e Toxicologia (TAKEDA *et al.*, 2001).

Dentre outras aplicações, a análise do conteúdo polínico de mel vem sendo utilizada para diagnosticar sua origem, a qualidade como alimento e o valor das plantas fornecedoras de néctar e pólen, bem como possíveis adulterações no produto (MELHEM *et al.*, 2003). De acordo com Melhem (1978), os grãos de pólen suspensos na atmosfera podem provocar polinoses, ou seja, as alergias respiratórias, tornando importante seu conhecimento. Segundo Faegri (1974), para realizar os planos de manejo de florestas é importante ter um conhecimento detalhado do histórico ecológico do local atual, com bases em dados paleoecológicos fornecidos pela Palinologia.

A heterostilia é um importante fenômeno capaz de revelar limites filogenéticos e fitogeográficos de espécies polimórficas ao se traçar a história e a evolução das floras tropicais, sugerindo-se que as espécies que possuam este polimorfismo floral sejam estudadas com relação ao seu dimorfismo polínico, como as de Rubiaceae (BAHADUR, 1964). Devido a escassez de dados polínicos que abordem a heterostilia, a presente tese possui o objetivo de analisar a morfologia polínica de espécies da família Rubiaceae Juss ocorrentes no Paraná, bem como verificar as variações polínicas decorrentes da heterostilia, e estabelecer atributos polínicos úteis à taxonomia da família. Análises polínicas com espécies da flora brasileira foram realizadas por Salgado-Labouriau (1973), Melhem *et al.* (1974), Kirkbride (1979), Jung-Mendaçolli e Melhem (1994, 1995), Macias (1998). Melhem *et al.* (2003), Siveira-Junior *et al.* (2012), Silva (2007), Dutra *et al.* (2014), Radaeski *et al.* (2014) e Souza *et al.* (2016). Na literatura são poucos os trabalhos em que os autores analisaram de forma criteriosa as variações polínicas decorrentes da heterostilia, destacando-se os trabalhos realizados por Jung-Mendaçolli (1984), Jung-Mendaçolli e Melhem (1994, 1995) e Piesschaert *et al.* (2000).

A análise polínica das espécies de Rubiaceae foi agrupada em três capítulos no presente texto. No capítulo 1 foi analisada a morfologia polínica de 64 materiais heterostílicos de *Palicourea*, *Psychotria* e *Rudgea* pertencentes a tribo Palicoureae e Psychotrieae que foi

submetido ao periódico *Grana*. No capítulo 2, foram estudados 39 espécimes de Spermacocceae, incluído os gêneros *Borreria*, *Emmeorhiza*, *Galianthe*, *Hexasepalum* e *Manettia* que será submetido ao periódico *Palaeobotany and Palynology*. No capítulo 3, foram analisadas 41 coleções de herbário dos gêneros *Amaioua*, *Bathysa*, *Chiococca*, *Coccocypselum*, *Cordia*, *Coussarea*, *Declieuxia*, *Galium*, *Guettarda*, *Ixora* e *Posoqueria* a ser submetido no periódico *Brazilian Journal of Botany*. Todas as espécies analisadas ocorrem na região Sul do Brasil e foram coletadas no Estado do Paraná.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL:

Analisar e caracterizar os padrões da morfologia e ultraestrutura polínica de espécies de Rubiaceae ocorrentes no Estado do Paraná, a fim de contribuir no avanço do estudo sistemático e morfológico da família.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar e analisar as espécies de Rubiaceae que possuem heterostilia.
- Descrever e ilustrar os atributos polínicos diagnósticos relativos a cada táxon utilizando-se microscopia de luz e eletrônica de varredura (MEV).
- Enumerar e contextualizar as diferenças na morfologia polínica encontradas nas espécies estudadas de Rubiaceae.
- Verificar diferenças entre grãos de pólen das anteras das flores brevistilas e longistilas nas espécies que possuam heterostilia.
- Auxiliar nos estudos taxonômicos, a fim de esclarecer a posição das espécies e gêneros dentro das subfamílias.

3. HIPÓTESES

- A família Rubiaceae é euripolínica e os grãos de pólen apresentam potencial para a distinção entre as espécies;
- Nas espécies heterostílicas, as que possuem brevistilia têm grãos de pólen em maior número e tamanho menor do que as longistílicas.
- Caracteres ultraestruturais dos grãos de pólen são úteis na delimitação dos gêneros em Rubiaceae.
- A Palinologia oferece subsídios à delimitação genérica e das subfamílias.

REFERÊNCIAS

- BACKLUND, M.; OXELMAN, B.; BREMER, B. Phylogenetic relationships within the Gentianales based on *ndhF* and *rbcL* sequences, with particular reference to the Loganiaceae. **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1029-1043, 2000.
- BAHADUR, B. Pollen dimorphism in heterostyled *Oldenlandia umbellata*. **Rhodora**, v. 66, p. 56-60, 1964.
- BAKER, H.G. Pollen dimorphism in the Rubiaceae. **Evolution**, v.10, p. 23-31, 1956.
- BARRETT, S. C. H.; WILKEN, D. H.; COLE, W. W. Heterostyly in the Lamiaceae: the case of *Salvia brandegeei*. **Plant Systematics and Evolution**, v. 223, p. 211–219, 2000.
- BARBOSA, M.R.; ZAPPI, D.; TAYLOR, C.; CABRAL, E.; JARDIM, J.G.; PEREIRA, M.S.; CALIÓ, M.F.; PESSOA, M.C.R.; SALAS, R.; SOUZA, E.B.; DI MAIO, F.R.; MACIAS, L.; ANUNCIACÃO, E.A. DA; GERMANO FILHO, P.; OLIVEIRA, J.A.; BRUNIERA, C.P.; M. GOMES; DE TONI, K.; FIRENS, M. 2015. **Rubiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB210>>. Acesso: 25 jul. 2018.
- BLOCK, P.; ROBBRECHT, E. Pollen morphology of the Pavetteae (Rubiaceae, Ixoroideae) and its taxonomic significance. **Grana**, v. 37, n. 5, p. 260-275, 1998.
- BORGO, M. A. **Floresta Atlântica do litoral norte do Paraná, Brasil: aspectos florísticos, estruturais e estoque de biomassa ao longo do processo sucessional**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- BREMER, B.; ERIKSSON, O. Evolution of fruit characters and dispersal modes in the tropical family Rubiaceae. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 47, p. 79-95, 1992.
- BREMER, B.; JANSEN, R.K. Comparative restriction site mapping of chloroplast DNA implies new phylogenetic relationships within the Rubiaceae. **American Journal of Botany**, v. 78, p. 198-213, 1991.
- BREMER, B.; MANEN, J.-F. Phylogeny and classification of the subfamily Rubioideae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 225, p. 43-72, 2000.
- BREMER, B.; ANDREASEN, K.; OLSSON, D. Subfamilial and tribal relationships in the Rubiaceae based on *rbcL* sequence data. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 82, 383-397, 1995.
- BRUNIERA, C.P.; ZAPPI, D. **Rudgea in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14263>>. Acesso em: 28 mai. 2018.
- CAI, M.; ZHU, H.; WANG, H. Pollen morphology of the genus *Lasianthus* (Rubiaceae) and related taxa from Asia. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 46, n. 1, p. 62-72, 2008.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981.

DARWIN, S. P. A synopsis of the indigenous genera of Pacific Rubiaceae. **Allertonia**, v. 2, n. 1, p. 1-44, 1979.

DELPRETE, P. G.; JARDIM, G. J. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 101-128, 2012.

DELPRETE, P. The status of monographic and floristic studies of Neotropical Rubiaceae, with emphasis on the Flora of The Guianas. **Flora of the Guianas Newsletter**, v.12, p. 11-13, 1999.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. B. Rubiáceas. Vol. I – Gêneros de A-G: 1. Alseis até 19. Galium. (com observações ecológicas por Klein, R.; Reis, A. & Iza, O.). In: Reis, A. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. p.1-344, 2004.

DELPRETE, P.G. Rubiaceae – Parte 1: Introdução, Gêneros A-H. In: Rizzo, J.A. (coord.). **Flora dos estados de Goiás e Tocantins**. Vol. 40. IRD/UFG, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. p. 1-580, 2010.

DESSEIN, S. **Systematic studies in the Spermaceae (Rubiaceae)**. Doctoral Dissertation. K.U. Leuven, Leuven. 2003.

DESSEIN, S.; ANDERSSON, L.; GEUTEN, K.; SMETS, E.; ROBBRECHT, E. Gomphocalyx and Phylohydrax (Rubiaceae) sister taxa excluded from Spermaceae s.s., featuring remarkable case of convergent evolution. **Taxon**, v. 54, p. 91-107, 2005.

DOWRICK, V.P.J. Heterosty and homostyly in *Primula obconica*. **Heredity**, v. 10, p. 219-236, 1956.

DUTRA, F. V.; DORETO, H. S.; RIBEIRO, P. T.; GASPARINO, E. C. Morfologia Polínica em espécies ornamentais de Asteraceae, Ericaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae e Rubiaceae. **Nucleus**, v. 11, n. 1, 2014.

ECKENWALDER, J. E.; BARRETT, S. C. H. Phylogenetic systematics of Pontederiaceae. **Systematic Botany**, v. 11, p. 373–391, 1986.

ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1952.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms**. 2^a ed. New York: Hafner Publishing Company, 1971.

FAIVRE, A. E.; MCDADE, L. A. Population – level variation in the expression of heterostyly in three species of Rubiaceae: reciprocal placement of anthers and stigmas characterize heterostyly? **American Journal of botany**, v. 88, n. 5, p. 841-853, 2001.

FERREIRA JUNIOR, M.; VIEIRA, A. O. S. Espécies arbóreo-arbustivas da família Rubiaceae Juss. na bacia do rio Tibagi, PR, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 289-336, 2015.

GANDERS, F. R. The biology of the heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v. 17, p. 607-635, 1979.

GOVAERTS, R., RUHSAM K., ANDERSSON L., ROBBRECHT E., BRIDSON D., DAVIS A., SCHANZER I. & SONKE B. **World Checklist of Rubiaceae**. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. 2017. Disponível em: <<http://wmsp.science.kew.org/>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

HAMILTON, C. W. Variation on a distylous Theme in Mesoamerican Psychotria subgenus Psychotria (Rubiaceae). **Mem. New York Bot. Gdn**, v. 55, p. 62-75, 1990.

HUYSMANS, S.; DESSEIN, S.; SMETS, E.; ROBBRECHT, E. Pollen morphology of NW European representatives Confirms monophyly of Rubiae (Rubiaceae). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 127, p. 219-240, 2003.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. J. **Contribuição ao estudo palinológico das Rubiaceae**. 1984. 2010 f. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil), 155-Rubiaceae. **Hoehnea**, v. 21, n. ½, p. 97-129, 1994.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Grãos de pólen de espécies heterostílicas de Rubiaceae. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 18, p. 61-93, 1995.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. (coord.). Rubiaceae. In: Wanderley, M.G.L. (coord.). Flora fanerogâmica do estado de São Paulo. Vol. 5. **Instituto de Botânica**, São Paulo. p. 259-460, 2007.

KAEHLER, M.; GOLDENBERG, R.; EVANGELISTA, P. H. L.; RIBAS, O. S.; VIEIRA, A. O. S.; HATSCHBACH, G. G. **Plantas vasculares do Paraná**. Curitiba: Departamento de Botânica, 2014.

KERAUDREN-AYMONIN, M.; STRAKA, H.; SIMON, A. Palynologia Madagassica et Mascarenica. **Pollen Spores**, v. 11, n. 2, p. 299-310, 1969.

KHALIK, K. A.; ABD EL-GHANI, M. M.; ELKORDY, A. A palynological study of Galium L. (Rubiaceae) in Egypt and its systematic implication. **Feddes Repertorium**, v. 118, p. 7-8, 311-326, 2007.

KIRKBRIDE, J. H. Raritebe, an overlooked genus of the Rubiaceae. **Brittonia**, v. 31, p. 299-312, 1979.

LEAL, M. G.; LORSCHBITTER, M. L. Pólen, esporos e demais palinomorfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosra Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 61, n. 1-2, p. 13-47, 2006.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES M. C. M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. v. 21, n. 4, p. 983-992, 2007.

LIEBSCH D.; MIKICH S. B. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 275-391, 2009.

LINSINGEN, L. V.; SONEHARA, J. S.; UHLMANN, A.; CERVI, A. Composição florística do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, v. 35, n. 3-4, p. 197-232, 2006.

MACIAS, L. F. N. **Estudos taxonômicos do gênero *Manettia* Mutis ex L. (Rubiaceae) no Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai**. 356p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

MARINERO, F. E. C.; RODRIGUES, W. A.; CERVI, A. C. *Manettia* (Rubiaceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 635-647, 2012.

MELHEM, T. S.; ROSSI, C. L. B.; SILVESTRE, M. S. F. Pollen morphological studies in Rubiaceae. **Hoehnea**, v. 4, p. 49-70, 1974.

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**. v. 16, p. 1-104, 2003.

MOLINA, L. S.; ZEQUEIRA, M. F.; OLIVER, P. H. Pollen morphology of some Cuban Guettarda species (Rubiaceae: Guettardeae). **Grana**, v. 41, n. 3, p. 142-148, 2002.

MOORE, P. D.; WEBB, J. A. **Na illustrated guide to pollen analysis**. 1. ed. New York: A Halsted Press Book, 1978. 133 p.

NAIKI, A. Heterostyly and the possibility of its breakdown by polyploidization. **Plant Species Biology**, v. 27, p. 3-29, 2012.

OLMSTEAD, R. G.; KIM, K. J.; WAGSTAFF, S. J. The phylogeny of the Asteridae sensu lato based on chloroplast ndhF gene sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 16, n. 96-112, 2000.

ORNDUFF, R. Heterostyly in *Oplonia* (Acanthaceae). **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 60, p. 382-385, 1979d.

PERSSON, C. Pollen morphology of the Gardenieae-Gardeniinae (Rubiaceae). **Nordic Journal of Botanic**, v. 13, p. 561-582, 1993.

PERVEEN, A.; QUAISER, M. Pollen Flora of Pakistan—LIV. Rubiaceae. **Pakistan Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 999-1015, 2007.

PIESSCHAERT, F.; HUYSMANS, S.; JAIMES, I.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. 1. Morphological Evidence for an Extended Tribe – Coccocypseleae (Rubiaceae-Rubioideae). **Plant Biology**, v. 2, p. 536-546, 2000.

- PIRE, S. M. Palynological study of American species of Borreria (Rubiaceae-Spermacoaceae). **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 413-423, 1996.
- PIRE, S. M. Genero Galianthe subg. Ebelia (Rubiaceae-Spermacoaceae): Estudio palinológico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 84, n. 4, p. 878-887, 1997.
- RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; LIMA, G. L. Diversidade de grãos de pólen e esporos dos Campos do sul do Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. **Iheringia, Série Botânica**, v. 69, n. 1, p. 107-132, 2014.
- ROBBRECHT, E. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. **Opera Botanica Belgica**, v. 1, p. 1-271, 1988.
- ROBBRECHT, E. Advances in Rubiaceae macrosystematics. **Opera Botanica Belgica**, v. 6, p. 1-200, 1993.
- ROUBIK, D. W.; MORENO, P. J. E. Pollen and spores of Barro Colorado Island. **Missouri Botanical Garden**, New York, p. 151-152, 1991.
- ROVA, J. H. E.; DELPRETE, P. G.; ANDERSSON, L. & ALBERT, V. A. A trnL-F cp DNA sequence study of the Condamineae–Rondeletiae–Sipaneeae complex with implications on the phylogeny of the Rubiaceae. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 145–159, 2002.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. 1973.
- SILVA, F. H. M. **Contribuição a Palinologia das Caatingas**. 194f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.
- SILVEIRA JÚNIOR, C. E. A.; SABA, M. D.; JARDIM, J. G. Pollen morphology of Rubiaceae Juss. species occurring in an área of caatinga (dryland) vegetation in Bahia State, Brazil. **Acta Botânica Brasílica**. v. 26, n. 2, p. 444-455, 2012.
- SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; CHASE, M. W.; ALBACH, D. C.; ZANIS, M.; SAVOLAINEN, V.; HAHN, W. H.; HOOR, S. B.; FAY, M. F.; AXTELL, M.; SWENSEN, S. M.; PRINCE, L. M.; KRESS, W. J.; NIXON, K. C.; FARRIS, J. S. Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, rbcL and atpB sequences. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 133, p. 381-461, 2000.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas e nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3ª edição, Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum. 2012.
- SOUZA, D. C.; SOUZA, M. C. Levantamento florístico das tribos Psychotrieae, Coussareeae e Morindeae (Rubiaceae) na região de Porto Rico, alto rio Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 1998.

SOUZA, E. B.; MIGUEL, L. M.; CABRAL, E. L.; NEPOMUCENO, F. A. A.; LOIOLA, M. I. *B. Borreria apodiensis* (Rubiaceae: Spermaceae), a new species from Ceará and Rio Grande do Norte, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, 2016.

TAKEDA, I. J. M.; FARAGO, P. V.; SOUZA, M. K. F.; GELINSKI, V. V. (2001) Catálogo polínico do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná – 2ª parte. Publicatio UEPG – Biological and Health Sciences, 7 (1): 7-18.

TAYLOR, C.; GOMES, M.; ZAPPI, D. Psychotria in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14162>>. Acesso em: 28 Mai. 2018.

VERDCOURT, B. Remarks on the classification of the Rubiaceae. Bélgica: **Bulletin du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles**, v. 28, n. 3, p. 209-290, 1958.

VERELLEN, J.; DESSEIN, S.; RAZAFIMANDIMBISON, S. G.; SMETS, E.; HUYSMANS, S. Pollen morphology of the tribes Naucleae and Hymenodictyeae (Rubiaceae – Cinchonoideae) and its phylogenetic significance. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.153, p. 329–341, 2007.

YANG, L-L.; LI, H-L.; WEI, L.; YANG, T.; KUANG, D-Y.; LI, M-H.; LIAO, Y-Y.; CHEN, Z-D.; WU, H.; ZHANG, S-Z. A supermatrix approach provides a comprehensive genus-level phylogeny for Gentianales. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 54, n. 4, p. 400–415, 2016.

ZAPPI, D. Revision of *Rudgea* (Rubiaceae) in Southeastern and Southern Brazil. **Kew Bulletin**, v. 58, n. 3, p. 513-596, 2003.

CAPÍTULO 1

POLLEN MORPHOLOGY OF *PALICOUREA* AUBL., *PSYCHOTRIA* L. AND *RUDGEA* SALISB HETEROSTYLOUS SPECIES (TRIBE PALICOUREEAE, RUBIACEAE) OCCURRING IN SOUTH BRAZIL

ABSTRACT: Pollen analysis is provided for *Palicourea* (6 sp.), *Psychotria* (8 sp.) and *Rudgea* (2 sp.) heterostylous species based on light and scanning electron microscopy. The species can be grouped according to the number of apertures into two pollen types (inaperturates or 3-4-colpates). Pollen grains are medium to very large sized, apolar or isopolar, spheroidal or oblate to subprolate, amb subtriangular, quadrangular or sub-circular. The exine is semitectate with simplicolumellate muri, microreticulate, microreticulate microechinate, microreticulate echinate, microreticulate rugulate, reticulate echinate, foveolate microechinate, foveolate microreticulate, with variations on the lumina shape and presence or absence of bacula within the lumina. In addition to intergeneric variation, some intrageneric variation was also observed. Regarding the presence of heterostyly, brevistylous (thrum) flowers generally showed larger pollen grains than longistylous (pin) flowers. Nine species exhibited distinct exine pattern between brevistylous and longistylous morph-floral types, although *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria fractistipula*, *Rudgea jasminoides* and *Rudgea parquioides* presented a consistent spiny exine pattern only in brevistylous forms.

Keywords: brevistylous, longistylous, distyly, Rubioideae, Paraná

MORFOLOGIA POLÍNICA DE ESPÉCIES HETEROSTÍLICAS DE *PALICOUREA* AUBL., *PSYCHOTRIA* L. E *RUDGEA* SALISB (TRIBO PSYCHOTRIEAE, RUBIACEAE) OCORRENTES NO SUL DO BRASIL

RESUMO: A análise polínica de espécies heterostílicas é fornecida para *Palicourea* (4 sp.), *Psychotria* (10 sp.) e *Rudgea* (2 sp.) baseadas em microscopia de luz e eletrônica de varredura. As espécies foram agrupadas de acordo com o número de aberturas em dois tipos polínicos (inaperturados ou 3-4-colpados). Os grãos de pólen são de tamanho médio a muito grande, apolar ou isopolar, esferoidal ou oblatos para subprolato, âmbito subtriangular, quadrangular ou sub-circular. A exina é semitectada com muro simplicolumelado, microreticulado, microreticulado-microequinado, microreticulado-equinado, microreticulado-rugulado, reticulado-equinado, foveolado-microequinado, foveolado-microreticulado, com variações na forma do lúmen e presença ou ausência de baculas dentro do lúmen. Além da variação intergenérica, também foi observada algumas variações intragerérica. Em relação à presença de heterostilia, as flores brevistílicas geralmente apresentaram grãos de pólen maiores que as flores longistílicas. Nove espécies exibiram um padrão de exina distinto entre os morfos florais brevistilos e longistilos, embora *Psychotria carthagenensis*, *P. fractistipula*, *Rudgea jasminoides* e *R. parquioides* possuírem um padrão espinhoso consistente apenas nas formas brevistílicas.

Palavras-chave: Brevistilo. Distília. Longistilo. Rubioideae. Paraná.

1. INTRODUCTION

Rubiaceae has approximately 583 genera and more than 13765 thousand species (Govaerts. 2018), which naturally inhabit tropical and subtropical areas in the world, with few species preferring temperate and cold areas (Delprete, Smith & Klein 2004; Delprete 1999). In Brazil, the family is represented by approximately 126 genera and 1397 species (Barbosa et al. 2015). In Paraná, in the south of Brazil, among the various genera of Rubiaceae found, the following occurrence of species was described: *Palicourea* (*P. australis*, *P. mamillaris*, *P. macrobotrys*, *P. marcgravii*) by Liebsch & Mikich (2009), Souza & Souza (1998), Ferreira Junior & Vieira (2015), *Psychotria* (*P. brachypoda*, *P. carthagenensis*, *P. fluminensis*, *P. fractistipula*, *P. leiocarpa*, *P. nemorosa*, *P. nuda*, *P. stachyoides*, *P. suterella*, *P. tenuifolia*, *P. vellosiana*) by Souza & Souza (1998), Ferreira Junior & Vieira (2015), Taylor et al. (2015) and *Rudgea* (*R. jasminoides*, *R. parquoides*) by Bruniera & Zappi (2015), Zappi (2003), Liebsch & Mikich (2009).

According to studies on molecular phylogeny, the family has been shown to be a monophyletic group that is distinguished from other families in the Order Gentianales by the set of morphological and anatomical characteristics (Erbar, 1991).

Rubioideae is the largest subfamily of Rubiaceae with about 7475 species, comprising 11 of the 20 largest genera of the family, totaling 5000 (about 40%) species of Rubiaceae (Bremer & Erikson 2009; Razafimandimbison et al., 2014).

The internal relationships of Rubioideae are not fully resolved, but two main clades are well supported by molecular data, the Spermaccoce and Psychotrieae alliances (Bremer & Manen, 2000; Bremer & Eriksson, 2009). Recent molecular studies show that the widely circumscribed Psychotrieae tribe included two distinct clades, one comprising *Psychotria* and another composed of several genera, including *Palicourea* and *Rudgea* (Robbrecht & Manen, 2006; Razafimandimbison et al., 2014). The separation between *Psychotria* and *Palicourea* was clarified through morphology (Taylor, 1996) and molecular data (Robbrecht & Manen, 2006; Razafimandimbison et al., 2008, 2014, Paul et al., 2009; Sedio et al., 2013), and confirmed that the neotropical species traditionally classified in *Psychotria* constitute a heterogeneous group. Some species of *Psychotria* are classified correctly, however, most of them belong to the tribe Palicoureeae. Thus, the transfer of *Psychotria* to *Palicourea* from the incorrectly classified species is being performed, and the ones included so far in *Palicourea* are classified into two subgenres and 11 sections (Taylor 1997a, 2015a, 2015b, Taylor & Hollowell, 2016).

The family still has taxonomic problems related to distyly, one of the expressions of heterostyly, which consists of a reproductive strategy with the existence of two floral morphs produced in distinct individuals: brevistylous (termed "thrum", stigma below the level of the anthers) and longistylous (termed "pin", stigma above the level of the anthers). This polymorphism is found in 416 species distributed in 91 genera of Rubiaceae (Ganders 1979; Barret & Richards 1990; Passos & Sazima 1995). The species of the genera *Palicourea*, *Psychotria* and *Rudgea*, of the tribe Palicoureeae, subfamily Rubioideae have distyly. According to Pereira et al. (2006), these genera presented heteromorphic self-incompatibility and incompatible pollen tube growth inhibition. As a result of this phenomenon, the three genera can present differences in the morphology of the pollen grains (Jung-Mendaçolli & Melhem 1995).

The palynology of Rubiaceae has been studied for some years and authors such as Baker (1956), Verdcourt (1958), Erdtman (1952, 1971), Salgado-Labouriau (1973), Melhem et al. (1974), Darwin (1979), Jung-Mendaçolli (1984), Jung-Mendaçolli & Melhem (1995), Dessein et al. (2000, 2005) and Silveira-Junior et al. (2012) pointed out the need for more palynological studies within the family considering the importance of using pollen data to elucidate the evolutionary relationships between different taxa, rejecting or corroborating the taxonomy at infra-family and specific levels.

Since it is a eurypalynous family and considering the fact that there are few palynological studies related to heterostyly, the aim of this study is to verify the pollen morphology of *Palicourea*, *Psychotria* and *Rudgea* species occurring in the south of Brazil, focusing on pollen variations resulting from distyly and establishing pollen attributes useful for family taxonomy.

2. MATERIAL AND METHODS

Pollen morphology of 16 species represented by 64 materials, belonging to the genus *Palicourea* Aubl. (*P. australis*, *P. brachypoda*, *P. mamillaris*, *P. marcgravii*, *P. rígida* e *P. sessilis*) *Psychotria* L. (*P. carthagenensis*, *P. fluminensis*, *P. fractistipula*, *P. leiocarpa*, *P. nemorosa*, *P. nuda*, *P. stachyoides*, *P. suterella*) and *Rudgea* Salisb. (*R. jasminoides* e *R. parquioides*) was surveyed.

Flower buds were removed from herbarium specimens deposited in the herbaria Museu Botânico de Curitiba (MBM) and Herbário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (HUPG).

The presence of distyly was considered in the collection of floral buds in full development stage. Pollen grains were stored separately and labeled according to the length of the style. Two specimens per taxon from brevi- or longistylous morph-floral types were investigated to identify any possible intra-specific variation (Salgado-Labouriau 1973).

Pollen was removed from the anthers, subjected to acetolysis following Erdtman (1960) and embedded in Kisser's glycerine jelly, using modelling play dough beads of 1 mm in diameter in the corners of the cover slips, that were subsequently sealed with paraffin (Melhem et al. 2003). The pollen grains were measured up to three days after the preparation (Salgado-Labouriau et al. 1965), using an Olympus OSM-4 (10×) micrometer drum coupled to the eyepiece of an Olympus BX50 light binocular microscope. The length of polar axis (EP) and equatorial axis (EE) averages in equatorial view are based on 25 colpi pollen grains per sample. The length of the vertical axis (D1) and horizontal axis (D2) averages were taken on 25 spheroidal inaperturate pollen grains. Dimensions of other morphological structures were obtained from measurements of ten pollen grains per sample. Statistical analyses include arithmetic average (\bar{x}), average sample standard deviation (s_x), sample standard deviation (s), coefficient of variability (VC%) and 95% confidence interval (CI) (Vieira 1981).

Photomicrographs were obtained digitally by using the/ Olympus BX50 light binocular microscope (LM) with a video camera (Olympus U-CMAD-2) and the Olympus CellSens 1.5 software. For detailed features of exine, non-acetolysed pollen grains were prepared for observation under scanning electron microscope (SEM) FEG, Mira 3/Tescan model of the Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), following the method for *pollenkitt* removal of Dr Ortrud Monika Barth (personal communication). The method consists of a 60^o C distilled water baths sequence, centrifugations, ultrasonic bath using special plastic tubes with sealing rings and 5 µm mesh nylon screen, 70% ethanol bath, ripping the material at the end directly on the microscope stubs and sputtered with a 20-nm thick gold layer in a sputter coating system.

Pollen terminology follows respected the descriptive sequence proposed by Barth & Melhem (1988), Punt et al. (2007) and Hesse et al. (2009).

The values of the axes and diameters were submitted to analysis of variance (ANOVA) and significant differences between the means were identified by the Tukey test at 5% probability.

Microscopic slides are deposited in the palynotheca at the Núcleo de Pesquisa em Palinologia of the Instituto de Botânica, Sao Paulo, Brazil.

3. RESULTS

General Description of pollen morphology:

Pollen grains are medium, large and very large sized, apolar or isopolar, oblate, suboblate and subprolate, subtriangular, quadrangular or subcircular, inaperturate or 3-4-colpate. Exine semitectate with muri simplicolumellate. Sexine thicker than the nexine.

Description of pollen types:

Type I – Inaperturate pollen.

Palicourea Aubl.

Palicourea australis (Figures 1A-G, 9A-B) – pollen grains are large sized (52.5 - 78.30 μ m) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 1A-B, 1D). Microreticulate-rugulate exine in the brevistylous morpho and microreticulate with suprategal spines exine in the longistylous morpho (Figures 1B, 1E-F, 9B). Sexine thicker than the nexine in the brevistylous morpho and of the same thickness in the longistylous (Table III, Figures 1C, 1G).

Palicourea brachypoda (Figures 3A-F, 9K-L) – pollen grains are large sized (50.0 - 98.9 μ m) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 2A, 2E, 9K). Microreticulate in the brevistylous and longistylous morphs (Figures 3C-D, 9L). Sexine thicker than the nexine (Table III, Figures 3D, 3F).

Palicourea mamillaris (Figures 1H-O, 9C-F) – pollen grains are medium to large sized (40.0 - 61.9 μ m) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 1H, 1L, 9C, 9E). Microreticulate exine in the brevistylous morpho and microreticulate with suprategal spines exine in the longistylous morpho (Figures 1I, 1J, 1M-N, 9D, 9F). Sexine thicker than nexine (Table III, Figures 1K, 1O).

Palicourea marcgravii (Figures 2A-H, 9G-H) – pollen grains are large and very large sized (53.1 - 135.6 μ m) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 1A, 1E, 9G). Microreticulate with suprategal spines exine in the brevistylous morpho (Figures 2B-C) and

reticulate with interrupted muri and suprategal spines exine in the longistylous morpho (Figures 2F-G). Sexine thicker than nexine (Table III, Figures 2D, 2H).

Palicourea rigida (Figures 2I-L, 9I-J) – pollen grains are large to very large sized (50.0 - 92.5 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 2I, 9I). Microreticulate with suprategal spines exine in the brevistylous and longistylous morphs (Figures 2J-K, 9J). Sexine thicker than nexine (Table III, Figure 2 L).

Palicourea sessilis (Figures 7G-L, 11B-C) – pollen grains are medium to large sized (44.9 - 82.1 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figure 7G, 7K, 11B). Microreticulate or microreticulate with suprategal spines exine in brevistylous and longistylous morphs (Figures 7B-C, 7E, 11C). Sexine with almost twice the thickness of the nexine (Table III, Figures 7J, 7L).

Psychotria L.

Psychotria fluminensis (Figures 4A-F) – pollen grains are large to very large sized (69.6-125.0 μm) (Table I), apolar, spheroidal, and inaperturate (Figures 4A, 4E).–Microreticulate with suprategal spines exine in the brevistylous and longistylous morphs (Figures 4B-C). Sexine thicker than nexine (Table III, Figures 4D, 4F).

Psychotria leiocarpa (Figures 5A-F) – pollen grains are large or medium to large sized (40.0 - 78.3 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 5A, E). Reticulate with suprategal spines exine in the brevistylous morpho and microreticulate with suprategal spines exine in the longistylous morpho (Figures 5B-C, 5E). Sexine thicker than nexine (Table III, Figures 5D, 5F).

Psychotria nemorosa (Figures 5G-L) – pollen grains are medium to large sized (44.4 - 82.7 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate. Microreticulate with suprategal spines exine in the brevistylous morpho (Figure 5G, 5H), and reticulate with suprategal spines exine in the longistylous morpho (Figures 5J-K). Sexine thicker than nexine (Table III, Figure 5I, 5L).

Psychotria nuda (Figures 6A-G, 10J-K) – pollen grains are large to very large sized (70.0 - 125.5 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figure 6A, 10J). Microreticulate with

supratectal spines exine in brevistylous and longistylous morphs (Figure 6B-C, 6E-F, 10K). Sexine slightly thicker than nexine (Table III, Figures 6D, 6G).

Psychotria stachyoides (Figures 6H-L, 10L-M) – pollen grains are large sized (50.5 - 84.8 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figure 6K, 10L). Microreticulate with supratectal spines exine in brevistylous and longistylous morphs (Figure 6H-I, 6K, 11A). Sexine with almost twice the thickness of nexine (Table III, Figures 6J, 6L).

Psychotria suterella (Figures 7A-F) – pollen grains are large sized (56.0 - 87.6 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figure 7A, 7E). Microreticulate with supratectal spines exine in brevistylous and longistylous morphs (Figure 7B-C, E). Sexine with twice the thickness of the nexine (Table III, Figures 7D, 7F).

Rudgea Salisb.

Rudgea jasminoides (Figures 8A-H, 11D-H) - pollen grains are large sized (53.2 - 95.3 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 8A, 11D, 11G). In the brevistylous morpho, exine is microreticulate with acute apex spines, which vary in height (2.00 to 5.55 μm) and width (2.00 to 3.90 μm), with rare bacula within the lumina (Figures 8A- E, 11D-E). In the longistylous morpho, exine is microreticulate heterobrochate with rounded lumina (Figures 7F- G, 11H). Sexine slightly thicker than nexine (Table III, Figures 8E, 8H).

Rudgea parquioides (Figures 8I-O, 11I-L) – pollen grains are medium to large sized (40.0 - 91.3 μm) (Table I), apolar, spheroidal and inaperturate (Figures 8I, 8N, 11I, 11L). In the brevistylous morpho, exine is microreticulate with rounded apex spines, which vary in height (3.25 to 5.65 μm) and in width (2.90 to 3.80 μm), with rare bacula within lumina (Figures 8J-L, 11J-K). In the longistylous morpho, exine is microreticulate heterobrochate with rounded lumina (Figures 8M, 11L). Sexine is slightly thicker than nexine (Table III, Figures 8M, 8O).

Type II – Tricolpate and tetracolpate pollen

Psychotria L.

Psychotria carthagenensis (Figures 3G-L, 10A-E) – pollen grains are medium or medium to large sized (Table II). In the brevistylous morphs, they are isopolar, subtriangular in the 3-colpate

(11% in MBM72343, 28% in MBM187859) or quadrangular to subcircular in the 4-colpate (89% in MBM72343, 72% in MBM187859) (Figure 3G, 10A), prolate (MBM72343) to suboblate (MBM187859) (Table II), with wide and long colpus with sharp edges (Table III, Figure 3H). Foveolate with suprategal spines exine or microreticulate with suprategal spines exine. In the longistylous morphs, they are isopolar, triangular in the 3-colpate (99% in MBM225180, 72% in MBM190203) (Figure 3J) and quadrangular in the 4-colpates (28% in MBM225180, 1% in MBM190203), prolate (MBM225180) or suboblate (MBM190203), with wide and short colpus with sharp edges (Figures 3K). In specimen MBM225180, some pollen grains have narrow and short colpus (Table III). Foveolate with microreticulum (MBM225180L) or only microreticulate exine of rounded lumina (MBM190203L). Sexine with twice the thickness of the nexine (Table III, Figures 3I, 3L).

Psychotria fractistipula (Figures 4G-O, 10F-G) – pollen grains are medium sized (Table II). In the brevistylous morphs, they are isopolar, triangular in the 3-colpate (89% in MBM170347, 94% in MBM333553) (Figures 4G, 10F) and quadrangular in the 4-colpate (11% in MBM170347, 6% in MBM333553), subprolate (Table II), with short colpus (MBM170347) or long colpus (MBM333553) and wide colpus with sharp edges (Table III, Figure 4H). Microreticulate and/or reticulate with suprategal spines exine (Figures 4I-J). In the longistylous morphs, they are isopolar, triangular in 3-colpate (88% in MBM374447, 10% in MBM395899) and quadrangular in 4-colpate (12% in MBM 374447, 90% in MBM395899) (Figure 4L), subprolate (Table II), with short and wide colpus with rounded edges (Table III). Microreticulate and/or reticulate exine (Figures 4M-N, 10G). Sexine thicker than nexine (Table III, Figures 4K, 4O).

Considering a confidence interval at 95% for the vertical axis (Diameter 1) and horizontal axis (Diameter 2), it can be observed that (Table 1): in the vertical axis *P. mamillaris* MBM136420 B is different from the others because it presents the smallest pollen grains and *P. nuda* (MBM5359B, MBM262628B, MBM51832L) the largest pollen grains; *P. marcgravii* MBM50729 B, presented the largest range in the limits of the confidence interval and the highest values for the coefficient of variability and *P. fluminensis* MBM301264 L, the lowest values for the confidence interval. In the horizontal axis *P. mamillaris* MBM136420 B and *P. leiocarpa* MBM234282 L presented the smallest pollen grains; *P. nuda* (MBM262628 B and MBM51832 L) the largest pollen grains; *P. nuda* MBM51832 L presented the highest

confidence interval and the highest value of standard deviation. *P. fluminensis* MBM301264 L presented the lowest confidence interval and the lowest value of standard deviation.

The confidence interval at 95% for the polar and equatorial axes in the pollen grains can be observed (Table 2): in the polar axis *P. carthagenensis* MBM187859 B and *P. fractistipula* MBM395899 L are different from the others because they present the largest intervals in the limits of the confidence interval and the highest values for the coefficient of variability. *P. carthagenensis* MBM187859 B and *P. fractistipula* MBM395899 L presented the highest measurements for the polar axis and the highest standard deviation, and *P. fractistipula* MBM170347 B and *P. fractistipula* MBM374447 L the smallest measures and the lowest value of standard deviation. In the equatorial axis, pollen grains *P. carthagenensis* MBM72343 B presented the largest measurements and the lowest value of standard deviation. The values presented corroborating with the results indicated by the ANOVA procedure and subsequently the Tukey test.

TABLE 1 - MEASURES (IN MICROMETRES) OF INAPERTURATE POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA*, *PSYCHOTRIA* AND *RUDGEA* (RUBIACEAE) THROUGH LIGHT MICROSCOPY (N = 25).

Species	Vertical axis (Diameter 1)			Horizontal axis (Diameter 2)			Size	Shape
	Variation	$\bar{x} \pm s_x$	95% CI	Variation	$\bar{x} \pm s_x$	95% CI		
<i>P. australis</i> MBM569 B	63.4-77.8	68.4a ± 1.3	65.8-71.0	62.5-75.0	69.6a ± 0.6	68.3-70.9	large	spheroidal
<i>P. australis</i> MBM243622 B	52.5-62.3	55.5b ± 0.9	53.7-57.3	65.5-51.5	55.5b ± 0.8	53.9-57.1	large	spheroidal
<i>P. australis</i> MBM28343 L	57.1-78.3	64.6b ± 1.0	62.4-66.7	54.4-75.6	66.6b ± 1.1	63.8-68.2	large	spheroidal
<i>P. australis</i> MBM306906 L	53.5-68.1	53.5c ± 0.8	61.9-65.1	55.0-72.0	63.3c ± 1.0	61.3-65.2	large	spheroidal
<i>P. brachypoda</i> MBM95049 B	63.6-96.2	74.2b ± 1.3	71.5-76.9	61.2-98.9	73.0b ± 1.4	70.0-76.2	large	spheroidal
<i>P. brachypoda</i> MBM250220 B	71.7-92.0	81.5a ± 1.2	78.8-84.1	72.5-90.0	81.7a ± 1.0	79.6-83.8	large	spheroidal
<i>P. brachypoda</i> MBM63852 L	60.1-77.1	68.4c ± 1.1	66.2-70.7	56.3-91.1	69.7b ± 1.4	66.7-72.6	large	spheroidal
<i>P. brachypoda</i> MBM67836 L	50.0-66.3	56.2d ± 0.9	54.4-58.1	49.1-65.8	55.3c ± 0.8	53.6-57.1	large	spheroidal
<i>P. mamillaris</i> MBM136420 B	40.0-54.2	45.4b ± 0.9	43.5-47.4	40.0-53.9	45.4b ± 0.8	43.6-47.1	medium/large	spheroidal
<i>P. mamillaris</i> MBM374122 B	43.3-57.9	51.8a ± 0.7	50.3-53.3	47.2-55.6	51.1a ± 0.5	50.0-52.1	medium/large	spheroidal
<i>P. mamillaris</i> MBM63573 L	42.3-58.0	50.9a ± 0.9	49.0-52.8	42.6-60.6	50.0a ± 0.9	47.9-52.0	medium/large	spheroidal
<i>P. mamillaris</i> MBM218592 L	42.3-61.9	52.7a ± 0.7	51.1-54.4	42.4-60.6	50.1a ± 0.9	48.1-52.0	medium/large	spheroidal
<i>P. margravii</i> EFC8834 B	68.0-87.8	78.9c ± 1.1	76.7-81.1	61.0-90.3	80.9c ± 1.4	78.1-83.8	large	spheroidal
<i>P. margravii</i> MBM50729 B	85.2-135.6	100.2a ± 2.0	96.1-104.3	84.3-127.3	98.7a ± 1.9	94.9-102.6	large/very large	spheroidal
<i>P. margravii</i> MBM21485 L	53.1-76.6	63.2d ± 0.9	61.4-65.0	54.3-78.1	62.6d ± 1.1	60.3-64.9	large	spheroidal
<i>P. margravii</i> MBM187860 L	77.0-108.8	91.6b ± 1.5	88.4-94.8	81.3-100.0	90.4b ± 1.1	88.0-92.8	large/very large	spheroidal
<i>P. sessilis</i> MBM34795 B	61.7-82.1	70.1a ± 1.0	68.1-72.1	61.8-78.9	67.8a ± 1.6	64.5-71.1	large	spheroidal
<i>P. sessilis</i> MBM37130 B	44.9-72.4	61.9b ± 1.0	59.8-64.1	49.5-67.5	60.8b ± 0.9	59.0-62.7	medium/large	spheroidal
<i>P. sessilis</i> HUPG17746 L	49.0-61.2	55.6c ± 0.6	54.3-56.9	47.9-62.4	56.4c ± 0.7	54.9-57.9	medium/large	spheroidal
<i>P. sessilis</i> MBM245031 L	46.6-58.4	50.8d ± 0.6	49.6-52.0	45.9-56.0	52.0d ± 0.5	51.0-53.1	medium/large	spheroidal
<i>P. rigida</i> MBM197442 B	66.6-78.5	73.3a ± 1.0	71.3-75.3	66.6-79.3	72.6a ± 0.8	70.9-74.3	large	spheroidal
<i>P. rigida</i> MBM370516 B	62.5-82.3	71.9a ± 1.0	69.9-73.9	62.5-92.5	72.8a ± 1.4	70.0-75.7	large	spheroidal
<i>P. rigida</i> MBM163644 L	50.0-70.0	62.2c ± 1.1	59.9-64.5	56.2-78.6	64.5b ± 1.3	61.9-67.1	large	spheroidal
<i>P. rigida</i> MBM395956 L	61.0-80.8	67.6b ± 0.9	65.7-69.5	57.1-75.0	66.6b ± 0.9	64.7-68.6	large	spheroidal
<i>P. fluminensis</i> MBM16073 B	87.5-119.6	99.9a ± 1.3	97.2-102.7	82.7-125.0	99.1a ± 1.6	95.6-102.5	large/very large	spheroidal
<i>P. fluminensis</i> MBM239124 B	82.3-96.5	85.6b ± 0.7	84.0-87.1	70.0-97.0	77.3b ± 1.3	74.6-80.0	large	spheroidal
<i>P. fluminensis</i> MBM296232 L	70.6-92.0	80.0c ± 0.9	78.0-82.0	70.0-87.5	79.9b ± 0.9	78.1-81.8	large	spheroidal
<i>P. fluminensis</i> MBM301264 L	73.1-89.2	79.7c ± 0.5	78.4-81.0	69.6-84.7	78.9b ± 0.4	78.0-79.9	large	spheroidal
<i>P. leiocarpa</i> MBM212845 B	54.3-78.3	65.6a ± 1.0	63.5-67.8	52.7-75.3	63.7a ± 1.1	61.4-66.1	large	spheroidal
<i>P. leiocarpa</i> MBM306913 B	50.0-69.6	63.0a ± 0.8	61.2-64.8	46.8-72.8	62.8a ± 1.0	60.6-65.0	medium/large	spheroidal
<i>P. leiocarpa</i> MBM234282 L	40.0-59.0	46.6b ± 0.8	44.9-48.4	41.0-57.5	47.5b ± 0.8	45.8-49.2	medium/large	spheroidal
<i>P. leiocarpa</i> MBM293840 L	50.0-73.7	63.3a ± 1.1	61.0-65.6	42.5-77.8	62.0a ± 1.5	58.7-65.4	medium/large	spheroidal
<i>P. nemorosa</i> MBM17317 B	68.1-77.6	73.7a ± 0.5	72.7-74.8	64.4-82.7	73.4a ± 0.7	71.8-75.0	large	spheroidal

<i>P. nemorosa</i> MBM215183 B	46.9-61.0	53.1c ± 0.7	51.6-54.5	45.2-60.2	52.4c ± 0.6	51.1-53.8	medium/large	spheroidal
<i>P. nemorosa</i> MBM294084 L	51.7-64.4	57.7b ± 0.7	56.1-59.4	51.7-62.1	56.6b ± 0.6	55.3-57.8	large	spheroidal
<i>P. nemorosa</i> MBM381508 L	49.5-60.5	54.2c ± 0.6	52.8-55.6	44.4-57.9	52.7c ± 0.7	51.2-54.2	medium/large	spheroidal
<i>P. nuda</i> MBM5359 B	85.9-125.5	103.1a ± 1.6	99.6-106.5	88.3-116.2	97.3b ± 1.5	94.1-100.5	large/very large	spheroidal
<i>P. nuda</i> MBM262628 B	91.9-120.0	104.5a ± 1.4	101.5-107.4	88.8-114.5	101.1ab ± 1.4	98.2-104.1	large/very large	spheroidal
<i>P. nuda</i> MBM390229 L	70.0-85.2	77.1b ± 0.8	75.3-78.8	71.4-85.5	77.0c ± 0.8	75.3-78.8	large	spheroidal
<i>P. nuda</i> MBM51832 L	88.1-111.3	100.9a ± 1.2	98.4-103.4	88.6-116.8	103.6a ± 2.0	99.4-107.7	large/very large	spheroidal
<i>P. stachyoides</i> MBM243638 B	60.0-74.3	67.4b ± 0.7	65.9-68.7	57.7-74.1	65.5b ± 0.7	63.9-67.1	large	spheroidal
<i>P. stachyoides</i> MBM17326 B	59.4-81.8	72.4a ± 0.9	70.5-74.2	66.6-83.3	74.1a ± 0.8	72.4-75.8	large	spheroidal
<i>P. stachyoides</i> MBM78150 L	50.5-80.0	64.2b ± 1.0	61.9-66.4	53.0-75.7	63.4b ± 0.9	61.3-65.4	large	spheroidal
<i>P. stachyoides</i> MBM83955 L	65.2-84.8	72.9a ± 0.6	71.3-74.4	64.3-77.0	71.7a ± 0.4	70.7-72.7	large	spheroidal
<i>P. suterella</i> MBM17323 B	73.3-83.9	77.9a ± 0.3	77.1-78.8	66.0-85.2	75.0a ± 0.8	73.1-76.9	large	spheroidal
<i>P. suterella</i> MBM67838 B	70.0-87.6	78.6a ± 0.9	76.6-80.6	68.5-83.4	76.7a ± 0.9	74.8-78.6	large	spheroidal
<i>P. suterella</i> MBM61583 L	56.6-68.7	62.2c ± 0.6	60.9-63.4	56.0-67.0	60.9c ± 0.6	59.7-62.1	large	spheroidal
<i>P. suterella</i> MBM256022 L	59.1-75.0	66.6b ± 0.9	64.7-68.5	56.3-75.0	65.3b ± 1.0	63.4-67.4	large	spheroidal
<i>R. jasminoides</i> MBM121115 B	65.2-88.8	72.3b ± 1.2	69.8-74.8	60.9-76.0	69.5b ± 0.9	67.6-71.3	large	spheroidal
<i>R. jasminoides</i> MBM389195 B	65.6-92.7	78.9a ± 1.5	75.8-82.1	75.8-95.3	85.6a ± 1.1	83.4-87.7	large	spheroidal
<i>R. jasminoides</i> MBM13029 L	59.5-70.0	63.3c ± 0.7	61.9-64.7	55.8-68.3	61.3c ± 0.8	59.7-62.9	large	spheroidal
<i>R. jasminoides</i> MBM189560 L	55.4-79.0	64.3c ± 1.2	61.8-66.9	53.2-76.3	62.8c ± 1.3	62.8-68.0	large	spheroidal
<i>R. parquiioides</i> MBM63580 B	63.0-79.6	70.6b ± 0.8	69.0-72.2	64.8-73.8	70.3b ± 0.5	69.3-71.4	large	spheroidal
<i>R. parquiioides</i> MBM63579 B	65.7-91.3	76.4a ± 1.1	74.0-78.7	85.5-63.5	76.2a ± 1.3	73.5-78.9	large	spheroidal
<i>R. parquiioides</i> MBM293842 L	40.0-60.9	52.5d ± 1.0	50.5-54.5	43.9-60.0	51.4d ± 0.8	49.7-53.1	medium/large	spheroidal
<i>R. parquiioides</i> MBM386198 L	51.3-68.4	58.3c ± 0.7	56.7-59.8	52.6-65.2	58.0c ± 0.6	56.8-59.2	large	spheroidal

SOURCE: The author (2018).

NOTE: Arithmetic average (\bar{x}), average standard deviation (s_x) and 95% confidence interval (CI). The averages (\bar{x}) followed by letters (a, b, c, d) in the same species and on the same axis (D1 and D2) were differentiated by the Tukey test at 5% probability ($p < 0.05$). (a = larger diameter and d = smaller diameter).

TABLE II - MEASURES (IN MICROMETRES) OF COLPATE POLLEN GRAINS OF *PSYCHOTRIA* (RUBIACEAE) THROUGH LIGHT MICROSCOPY (N = 25).

Species	Polar axis in equatorial view			Equatorial axis in equatorial view			Size	P/E	shape
	Variation	$x \pm sx$	95% CI	Variation	$x \pm sx$	95% CI			
	<i>P. carthagenensis</i> MBM72343 B	31.0-39.7	35.2b \pm 0.2	34.5-38.8	45.0-54.3	48.0a \pm 0.3			
<i>P. carthagenensis</i> MBM187859 B	36.8-46.0	40.8a \pm 0.5	39.7-41.8	39.7-50.4	46.7a \pm 0.5	45.7-47.8	medium/large	0.87	suboblate
<i>P. carthagenensis</i> MBM190203 L	31.2-38.6	34.9b \pm 0.3	34.1-35.8	36.8-45.2	41.2b \pm 0.5	40.0-42.2	medium	0.84	suboblate
<i>P. carthagenensis</i> MBM225180 L	31.0-39.2	34.3b \pm 0.2	33.7-34.9	43.8-50.0	46.8a \pm 0.3	46.2-47.4	medium	0.73	oblate
<i>P. fractistipula</i> MBM170347 B	31.8-36.1	33.8b \pm 0.1	33.4-34.2	38.8-44.7	41.5b \pm 0.3	40.9-42.0	medium	0.81	suboblate
<i>P. fractistipula</i> MBM333553 B	37.0-41.1	38.8a \pm 0.4	37.9-39.7	42.8-49.0	44.7a \pm 0.3	44.1-45.4	medium	0.86	suboblate
<i>P. fractistipula</i> MBM395899 L	35.0-44.3	40.2a \pm 0.5	39.1-41.4	30.0-36.3	32.1c \pm 0.3	31.4-32.8	medium	1.25	subprolate
<i>P. fractistipula</i> MBM374447 L	32.0-35.9	33.5b \pm 0.1	33.1-33.8	40.0-42.0	41.0b \pm 0.6	40.8-41.2	medium	0.81	subprolate

SOURCE: The author (2018).

NOTE: Arithmetic average (x), average standard deviation (sx), 95% confidence interval (CI) and the shape classes (P/E) defined based on the ratio of the length of the polar axis (P) to the equatorial axis (E). The averages (x) followed by letters (a, b) in the same species and on the same axis (polar and equatorial) were differentiated by the Tukey test at 5% probability ($p < 0.05$) (a = larger diameter and b = smaller diameter).

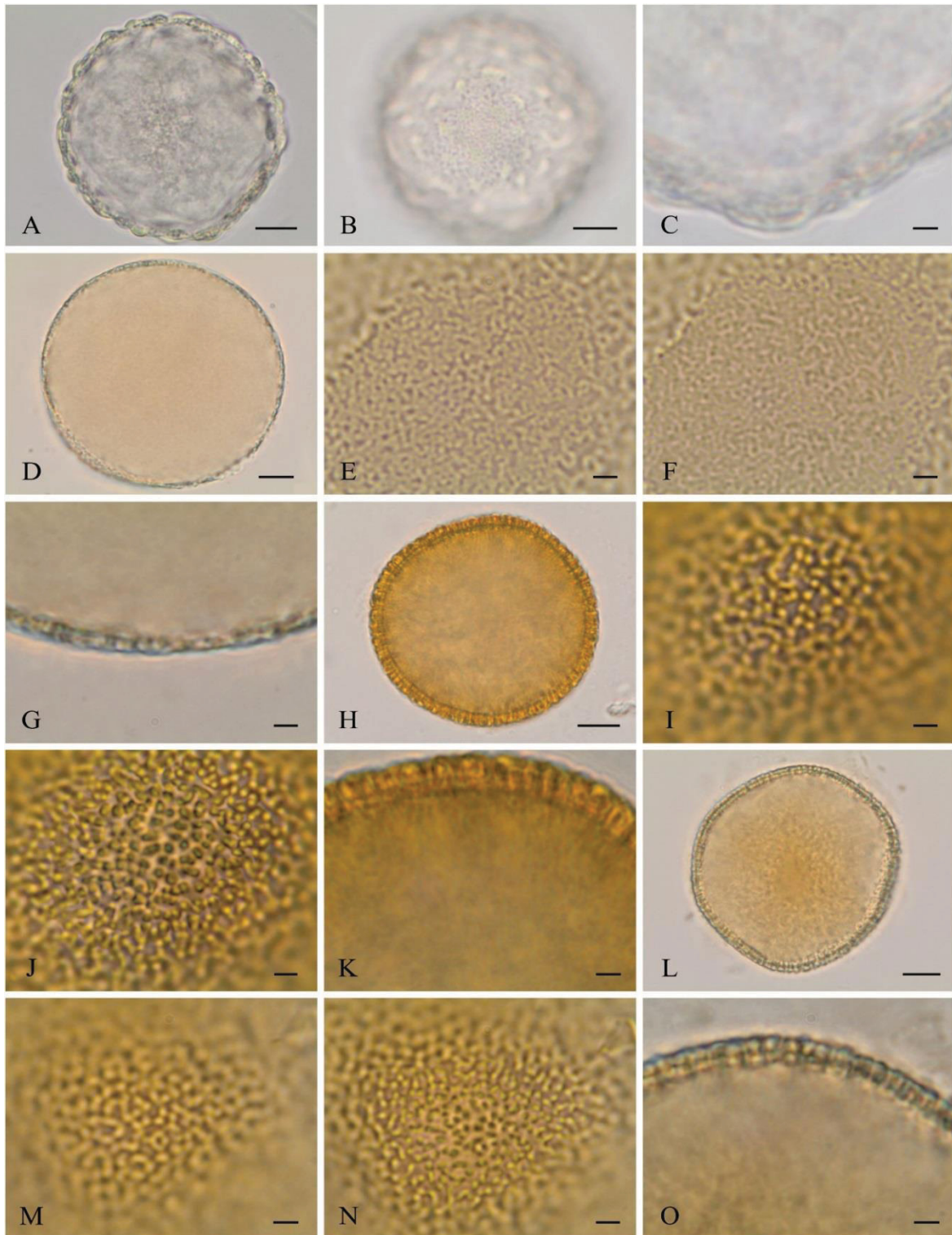
TABLE III. ARITHMETIC AVERAGE OF MEASURES (IN MICROMETRES) OF THE COLPI, THICKNESS OF THE EXINE LAYER AND POLAR INDEX OF *PALICOUREA*, *PSYCHOTRIA* AND *RUDGEA* POLLEN GRAINS THROUGH LIGHT MICROSCOPY (N = 10).

Species	Colpi		Thickness of the exine		Polar area	
	length	width	Sexine (tectum. without spine)	Nexine	PAI	Colpi length class
<i>P. australis</i> EFC569 B	-	-	1.31	0.97	-	-
<i>P. australis</i> MBM243622 B	-	-	1.25	0.72	-	-
<i>P. australis</i> MBM28343 L	-	-	1.00	1.00	-	-
<i>P. australis</i> MBM306906 L	-	-	0.95	0.94	-	-
<i>P. brachypoda</i> MBM95049 B	-	-	1.61	0.99	-	-
<i>P. brachypoda</i> MBM250220 B	-	-	1.53	1.14	-	-
<i>P. brachypoda</i> MBM63852 L	-	-	1.51	0.79	-	-
<i>P. brachypoda</i> MBM67836 L	-	-	1.42	0.80	-	-
<i>P. mamillaris</i> MBM136420 B	-	-	0.96	0.73	-	-
<i>P. mamillaris</i> MBM374122 B	-	-	2.15	1.10	-	-
<i>P. mamillaris</i> MBM63573 L	-	-	1.40	1.10	-	-
<i>P. mamillaris</i> MBM218592 L	-	-	1.16	0.99	-	-
<i>P. margravii</i> EFC8834 B	-	-	1.61	1.11	-	-
<i>P. margravii</i> MBM50729B	-	-	1.19	0.68	-	-
<i>P. margravii</i> MBM21485 L	-	-	1.35	0.77	-	-
<i>P. margravii</i> MBM187860 L	-	-	1.34	1.04	-	-
<i>P. rigida</i> MBM197442 B	-	-	1.52	0.87	-	-
<i>P. rigida</i> MBM370516 B	-	-	1.29	0.76	-	-
<i>P. rigida</i> MBM163644 L	-	-	1.05	0.81	-	-
<i>P. rigida</i> MBM395956 L	-	-	1.29	0.89	-	-
<i>P. sessilis</i> MBM17323 B	-	-	1.92	0.89	-	-
<i>P. sessilis</i> MBM67838 B	-	-	1.92	0.90	-	-
<i>P. sessilis</i> MBM61583 L	-	-	1.26	0.79	-	-
<i>P. sessilis</i> MBM256022 L	-	-	1.48	0.81	-	-
<i>P. carthagenensis</i> MBM72343 B	24.37	9.34	1.57	0.70	0.49	long colpi
<i>P. carthagenensis</i> MBM187859 B	23.27	8.32	1.57	0.76	0.50	long colpi
<i>P. carthagenensis</i> MBM190203 L	19.45	8.77	1.00	0.64	0.52	short colpi
<i>P. carthagenensis</i> MBM225180 L	18.47	8.56	1.40	0.77	0.53	short colpi
<i>P. fluminensis</i> MBM16073 B	-	-	1.48	0.81	-	-
<i>P. fluminensis</i> MBM239124 B	-	-	1.39	1.05	-	-
<i>P. fluminensis</i> MBM296232 L	-	-	1.25	0.75	-	-

<i>P. fluminensis</i> MBM301264 L	-	1.32	0.91	-	-	-
<i>P. fractistipula</i> MBM170347 B	17.45	1.46	0.97	0.66	-	short colpi
<i>P. fractistipula</i> MBM333553 B	25.56	1.06	0.70	0.45	-	long colpi
<i>P. fractistipula</i> MBM395899 L	34.71	1.29	0.86	0.62	-	short colpi
<i>P. fractistipula</i> MBM374447 L	21.18	1.61	1.23	0.62	-	short colpi
<i>P. leiocarpa</i> MBM212845 B	-	1.86	1.06	-	-	-
<i>P. leiocarpa</i> MBM306913 B	-	1.60	1.08	-	-	-
<i>P. leiocarpa</i> MBM234282 L	-	1.48	1.01	-	-	-
<i>P. leiocarpa</i> MBM293840 L	-	1.82	1.10	-	-	-
<i>P. nemorosa</i> MBM17317 B	-	2.13	1.30	-	-	-
<i>P. nemorosa</i> MBM215183 B	-	2.15	1.11	-	-	-
<i>P. nemorosa</i> MBM294084 L	-	2.03	1.02	-	-	-
<i>P. nemorosa</i> MBM381508 L	-	1.84	1.06	-	-	-
<i>P. nuda</i> MBM5359 B	-	1.07	0.89	-	-	-
<i>P. nuda</i> MBM262628 B	-	1.45	1.19	-	-	-
<i>P. nuda</i> MBM390229 L	-	1.06	0.76	-	-	-
<i>P. nuda</i> MBM51832 L	-	1.23	1.13	-	-	-
<i>P. stachyoides</i> MBM243638 B	-	1.95	0.64	-	-	-
<i>P. stachyoides</i> MBM17326 B	-	1.54	0.84	-	-	-
<i>P. stachyoides</i> MBM78150 L	-	1.44	0.90	-	-	-
<i>P. stachyoides</i> MBM83955 L	-	1.24	0.83	-	-	-
<i>R. jasmimoides</i> MBM121115 B	-	1.04	1.00	-	-	-
<i>R. jasmimoides</i> MBM389195 B	-	0.94	0.85	-	-	-
<i>R. jasmimoides</i> MBM13029 L	-	1.06	0.86	-	-	-
<i>R. jasmimoides</i> MBM189560 L	-	1.01	1.16	-	-	-
<i>R. parquiioides</i> MBM 63580 B	-	1.14	0.98	-	-	-
<i>R. parquiioides</i> MBM 63579 L	-	1.17	1.03	-	-	-
<i>R. parquiioides</i> MBM 293842 B	-	1.09	0.87	-	-	-
<i>R. parquiioides</i> MBM 386198 L	-	1.19	0.68	-	-	-

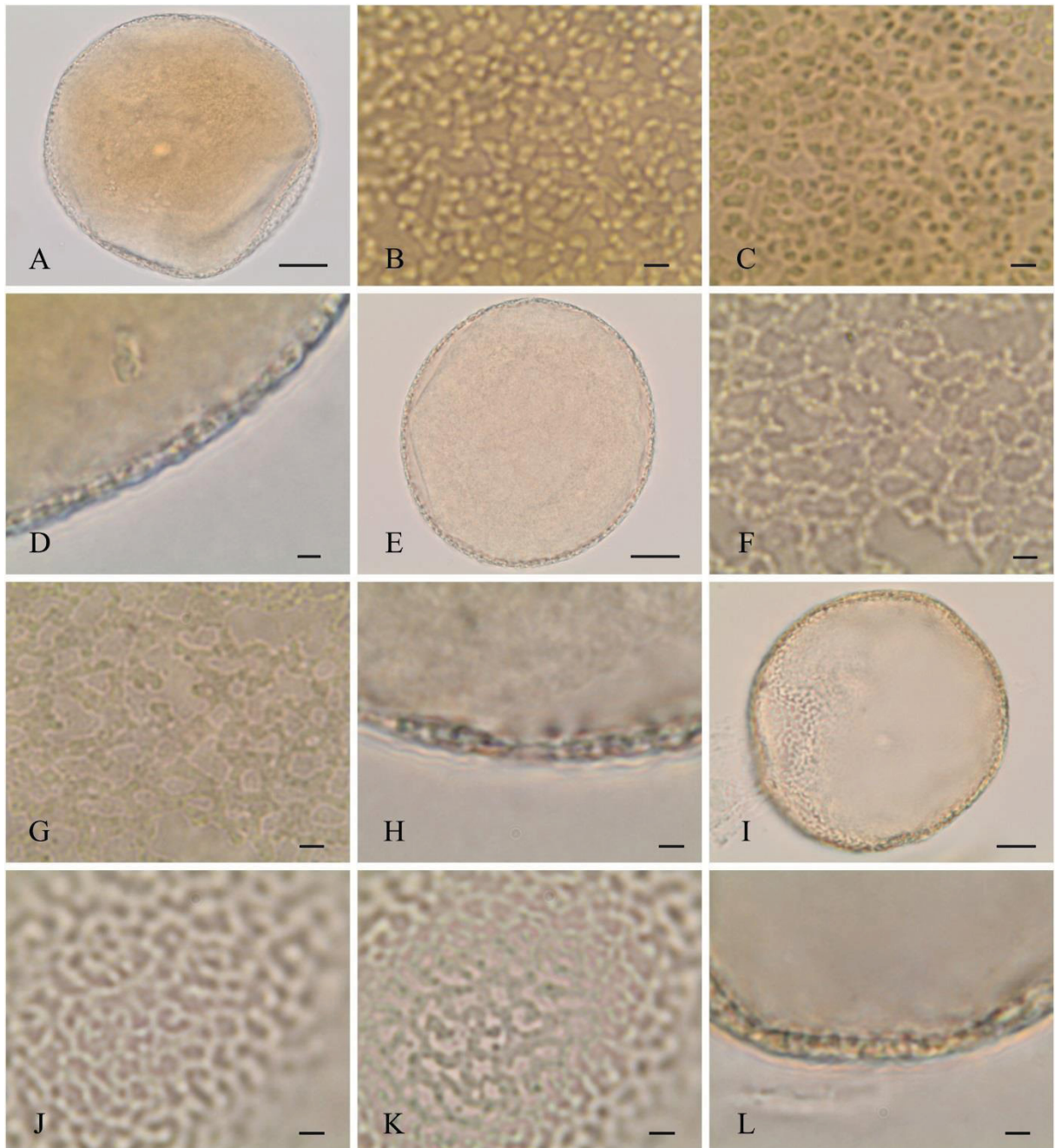
SOURCE: The author (2018).

NOTE: Apocolpium index or polar area index (PAI) is the ratio of the distance between the apices of two ectocolpi of a zonocolpate pollen grain to its equatorial axis.

FIGURE 1 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA*.

SOURCE: The author (2018).

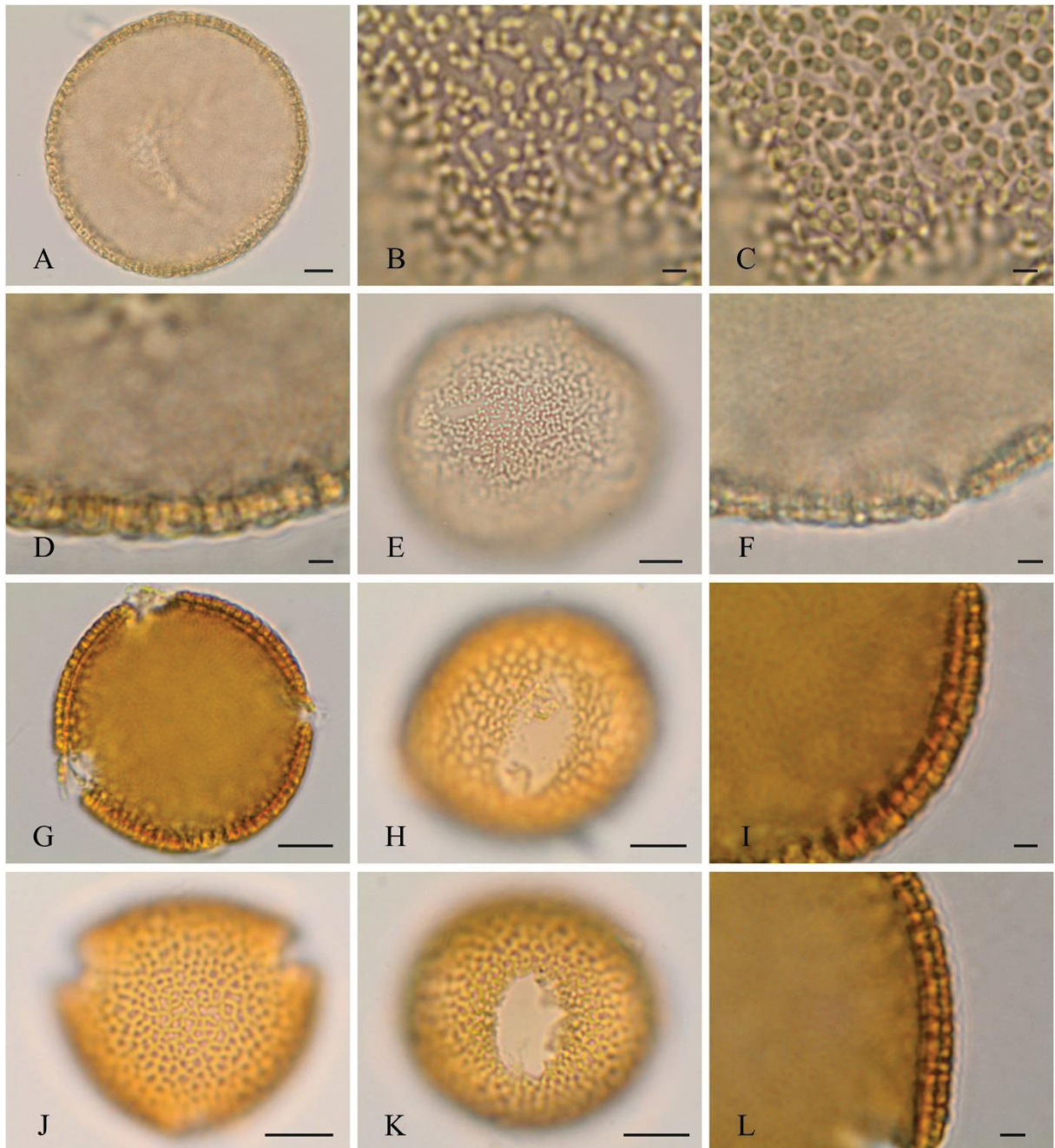
NOTE: A-C. *P. australis* - brevistylous morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM243622). B. Sexine ornamentation (MBM243622). C. Optical section (MBM243622). D-G. *P. australis* - longistylous morpho. D. General aspect of pollen grain (MBM28343). E. L.O. in high focus (MBM28343). F. L.O. in low focus (MBM28343). G. Optical section (MBM28343). H-K. *P. mamillaris* - brevistylous morpho. H. General aspect of pollen grain (MBM374122). I. L.O. in high focus (MBM374122). J. L.O. in low focus (MBM374122). K. Optical section (MBM374122). L-O. *P. mamillaris* - longistylous morpho. L. General aspect of pollen grain (MBM218592). M. L.O. in high focus (MBM218592). N. L.O. in low focus (MBM218592). O. Optical section (MBM218592). Scale bars – 10 μm (A-B, D, L), 2 μm (C, E-K, M-O).

FIGURE 2 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA*.

SOURCE: The author (2018).

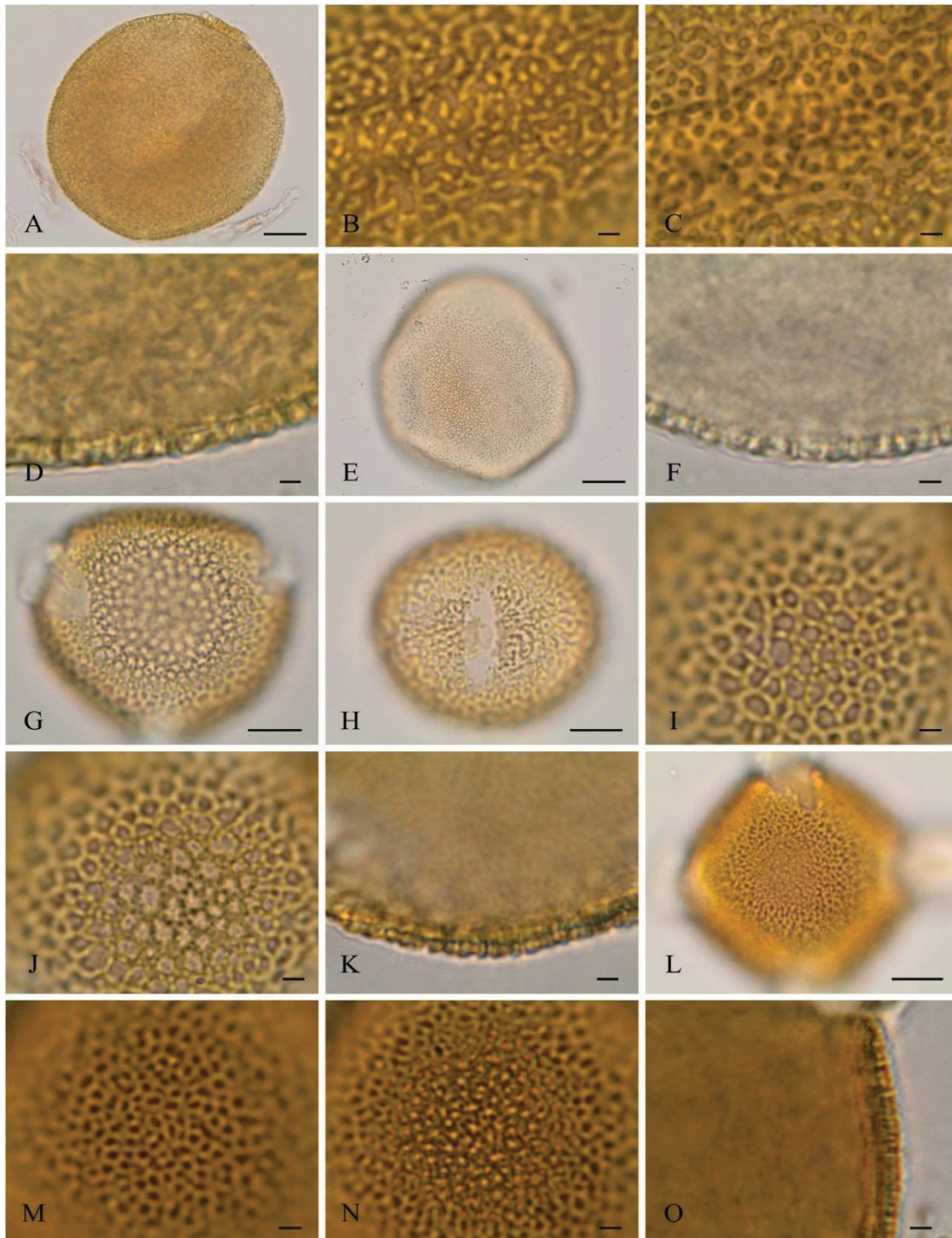
NOTE: A-D. *P. marcgravii* - brevistylous morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM50729). B. L.O. in high focus (MBM50729). C. L.O. in low focus (MBM50729). D. Optical section (MBM50729). E-H. *P. marcgravii* - longistylous morpho. E. General aspect of pollen grain (MBM187860). F. L.O. in high focus (MBM187860). G. L.O. in low focus (MBM187860). H. Optical section (MBM187860). I-L. *P. rigida* - longistylous morpho. I. General aspect of pollen grain (MBM163644). J. L.O. in high focus (MBM163644). K. L.O. in low focus (MBM163644). L. Optical section (MBM163644). Scale bars – 20 μm (A, E), 10 μm (I), 2 μm (B-D, F-H, J-L).

FIGURE 3 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA* AND *PSYCHOTRIA*.



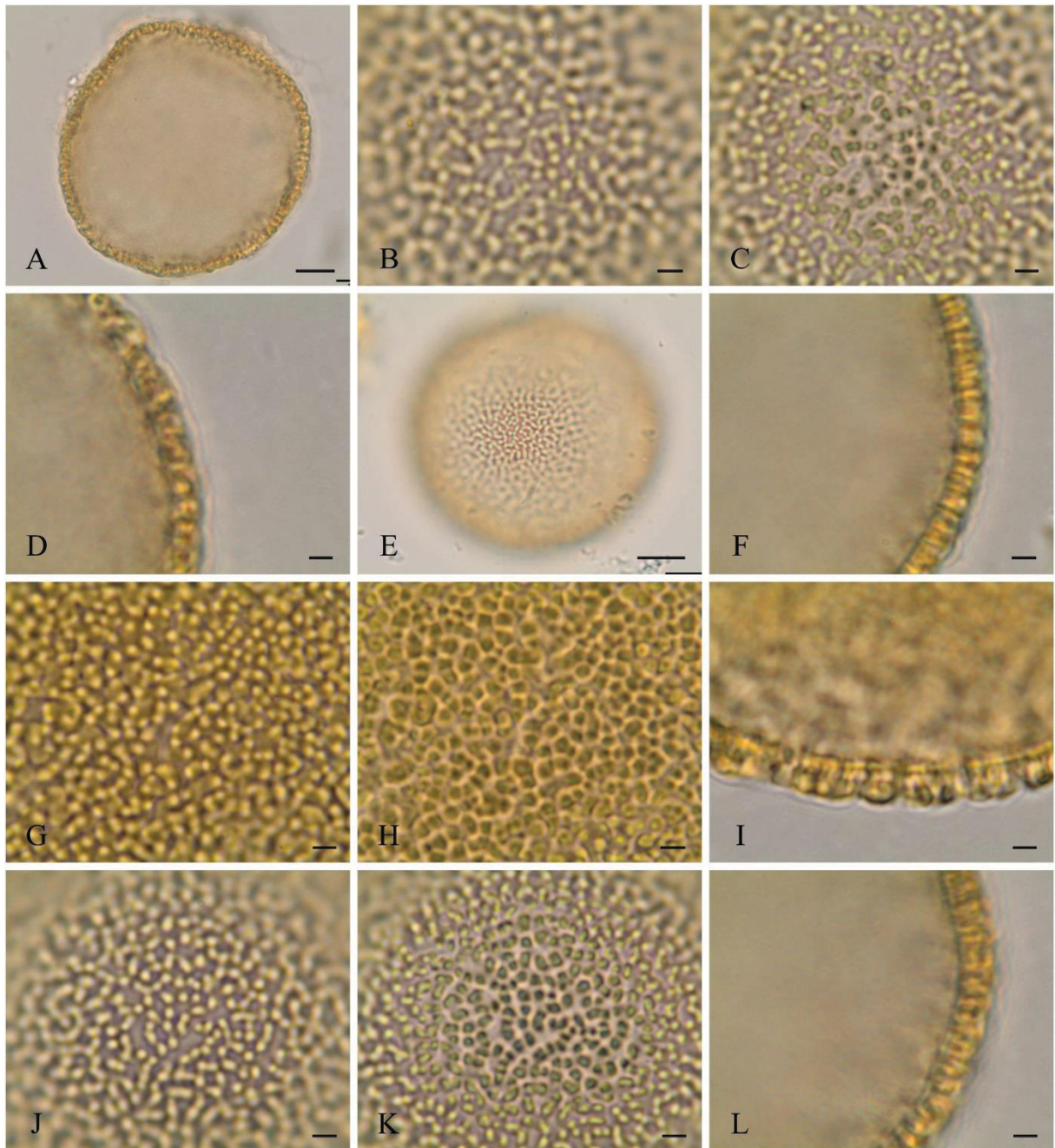
SOURCE: The author (2018).

A-D. *P. brachypoda* - brevistylous morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM250220). B. L.O. in high focus (MBM250220). C. L.O. in low focus (MBM250220). D. Optical section (MBM250220). E-F. *P. brachypoda* - longistylous morpho. E. General aspect of pollen grain (MBM67836). F. Optical section (MBM67836). G-I. *P. carthagenensis* - brevistylous morpho. G. General aspect of pollen grain 4-colpate (MBM187859). H. Detail of the colpi, pollen grain 3-colpate (MBM187859). I. Optical section (MBM187859). J-L. *P. carthagenensis* - longistylous morpho. J. General aspect of pollen grain 3-colpate (MBM190203). K. Detail of the colpi, pollen grain 3-colpate. L. Optical section (MBM190203). Scale bars – 10 μm (A, E, G-H, J-K), 2 μm (B-D, F, I, L).

FIGURE 4 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PSYCHOTRIA*.

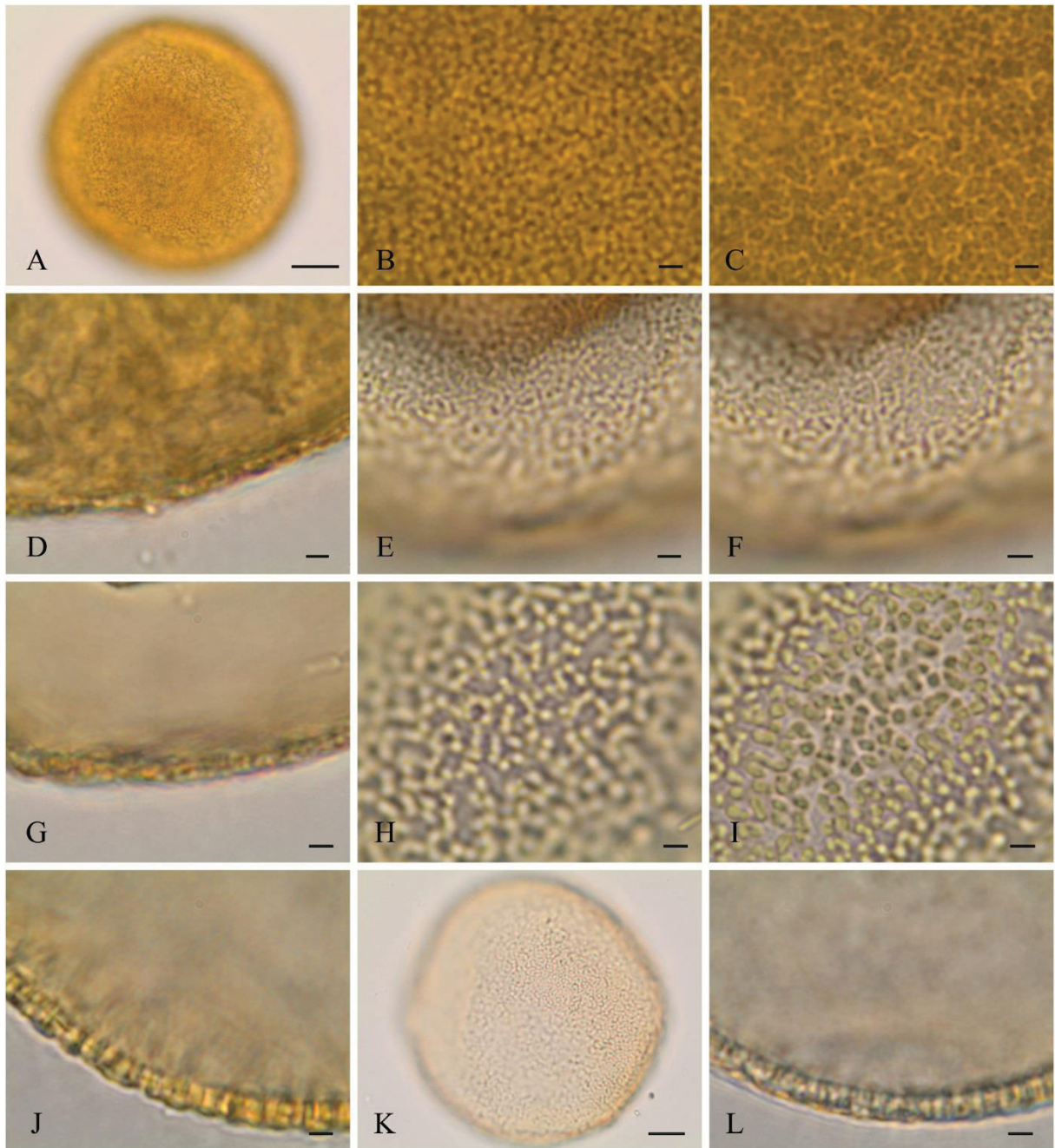
SOURCE: The author (2018).

NOTE: A-D. *P. fluminensis* - brevistylous morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM16073). B. L.O. in high focus (MBM16073). C. L.O. in low focus (MBM16073). D. Optical section (MBM16073). E-F. *P. fluminensis* - longistylous morpho. E. General aspect of pollen grain (MBM296232). F. Optical section (MBM296232). G-K. *P. fractistipula* - brevistylous morpho. G. General aspect of pollen grain 3-colpate, surface analysis (MBM333553). H. Detail of the colpi, pollen grain 3-colpate (MBM170347). I. L.O. in high focus (MBM170347). J. L.O. in low focus (MBM170347). K. Optical section (MBM170347). L-O. *P. fractistipula* - longistylous morpho. L. General aspect of pollen grain 4-colpate, surface analysis (MBM374447). M. L.O. in high focus (MBM374447). N. L.O. in low focus (MBM374447). O. Optical section (MBM374447). Scale bars – 20 μm (A, E), 10 μm (G, H, L), 2 μm (B-D, F, I-K, M-O).

FIGURE 5 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PSYCHOTRIA*.

SOURCE: The author (2018).

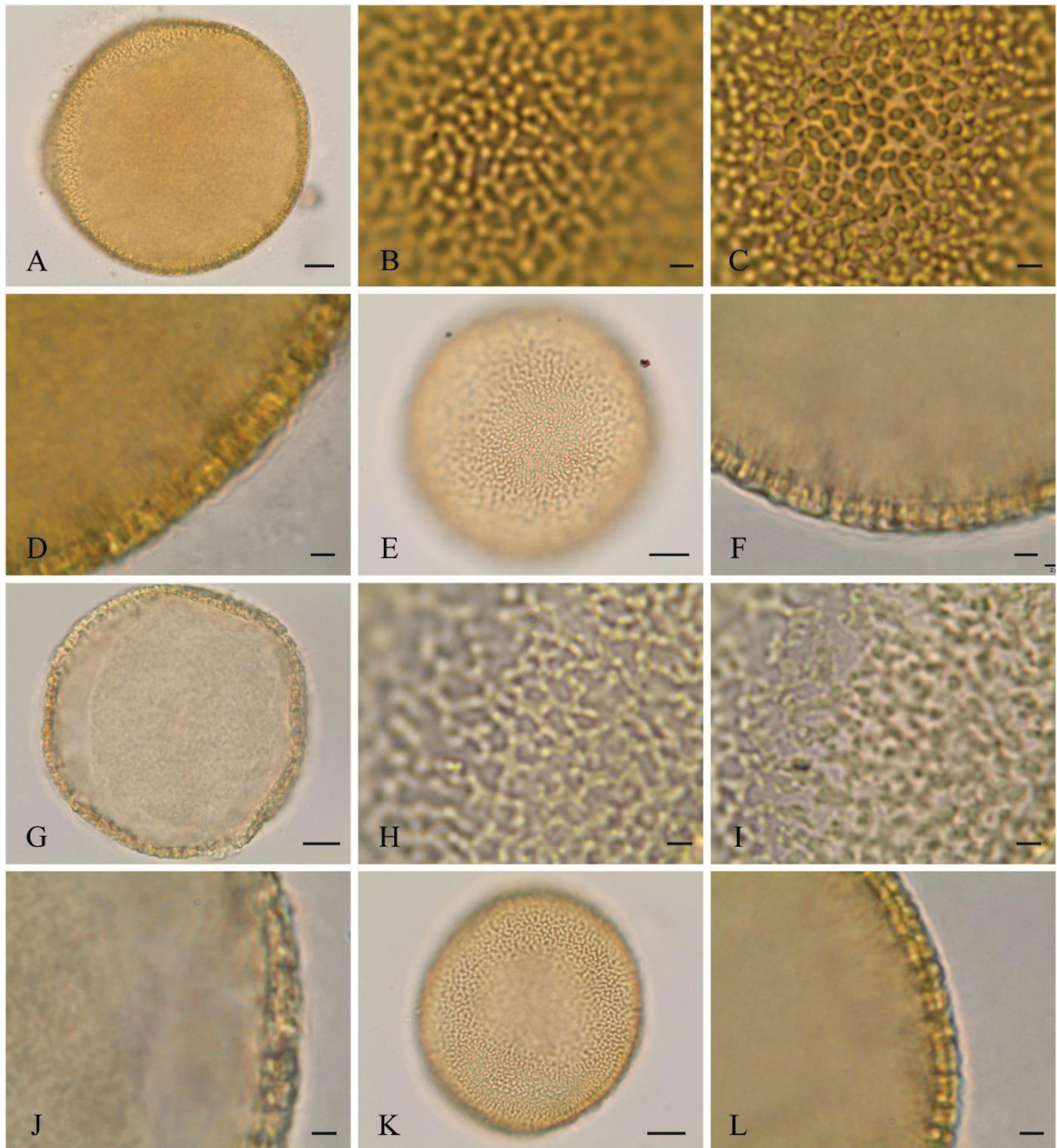
NOTE: A-D. *P. leiocarpa* - brevistylous morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM212845). B. L.O. in high focus (MBM212845). C. L.O. in low focus (MBM212845). D. Optical section (MBM212845). E-F. *P. leiocarpa* - longistylous morpho. E. General aspect of pollen grain (MBM234282). F. Optical section (MBM234282). G-I. *P. nemorosa* - brevistylous morpho. G. L.O. in high focus (MBM17317). H. L.O. in low focus (MBM17317). I. Optical section (MBM17317). J-L. *P. nemorosa* - longistylous morpho. J. L.O. in high focus (MBM294084). K. L.O. in low focus (MBM294084). L. Optical section (MBM294084). Scale bars – 10 μm (A, E), 2 μm (B-D, F-L).

FIGURE 6 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PSYCHOTRIA*.

SOURCE: The author (2018).

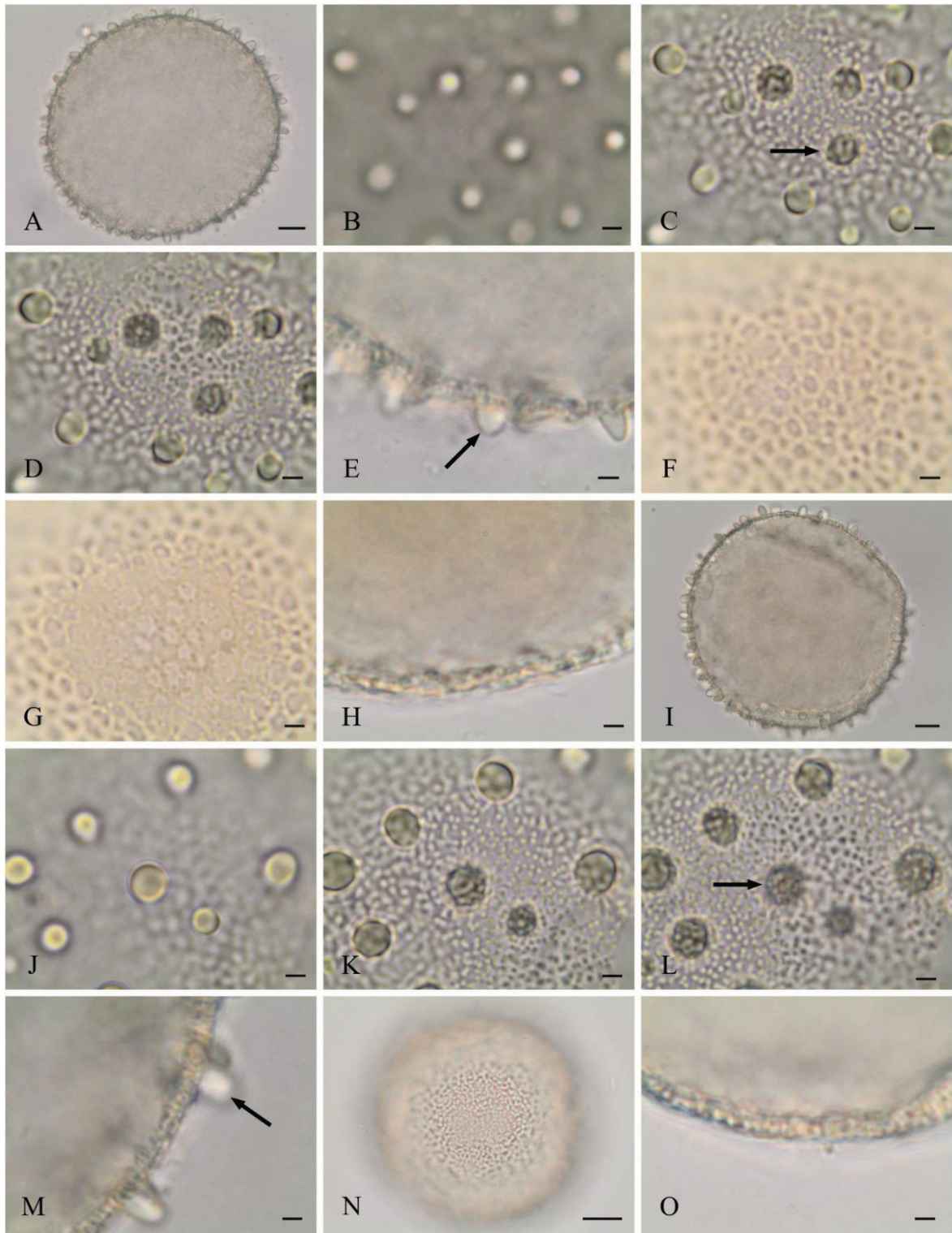
NOTE: A-D. *P. nuda* - brevistylous morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM5359). B. L.O. in high focus (MBM5359). C. L.O. in low focus (MBM5359). D. Optical section (MBM5359). E-G. *P. nuda* - longistylous morpho. E. L.O. in high focus (MBM390229). F. L.O. in low focus (MBM390229). G. Optical section (MBM390229). H-J. *P. stachyoides* - brevistylous morpho. H. L.O. in high focus (MBM17326). I. L.O. in low focus (MBM17326). J. Optical section (MBM17326). K-L. *P. stachyoides* - longistylous morpho. K. General aspect of pollen grain, detail surface (MBM7815). L. Optical section (MBM7815). Scale bars – 20 μm (A), 10 μm (K), 2 μm (B-J, L).

FIGURE 7 - LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA* AND *PSYCHOTRIA*.



SOURCE: The author (2018).

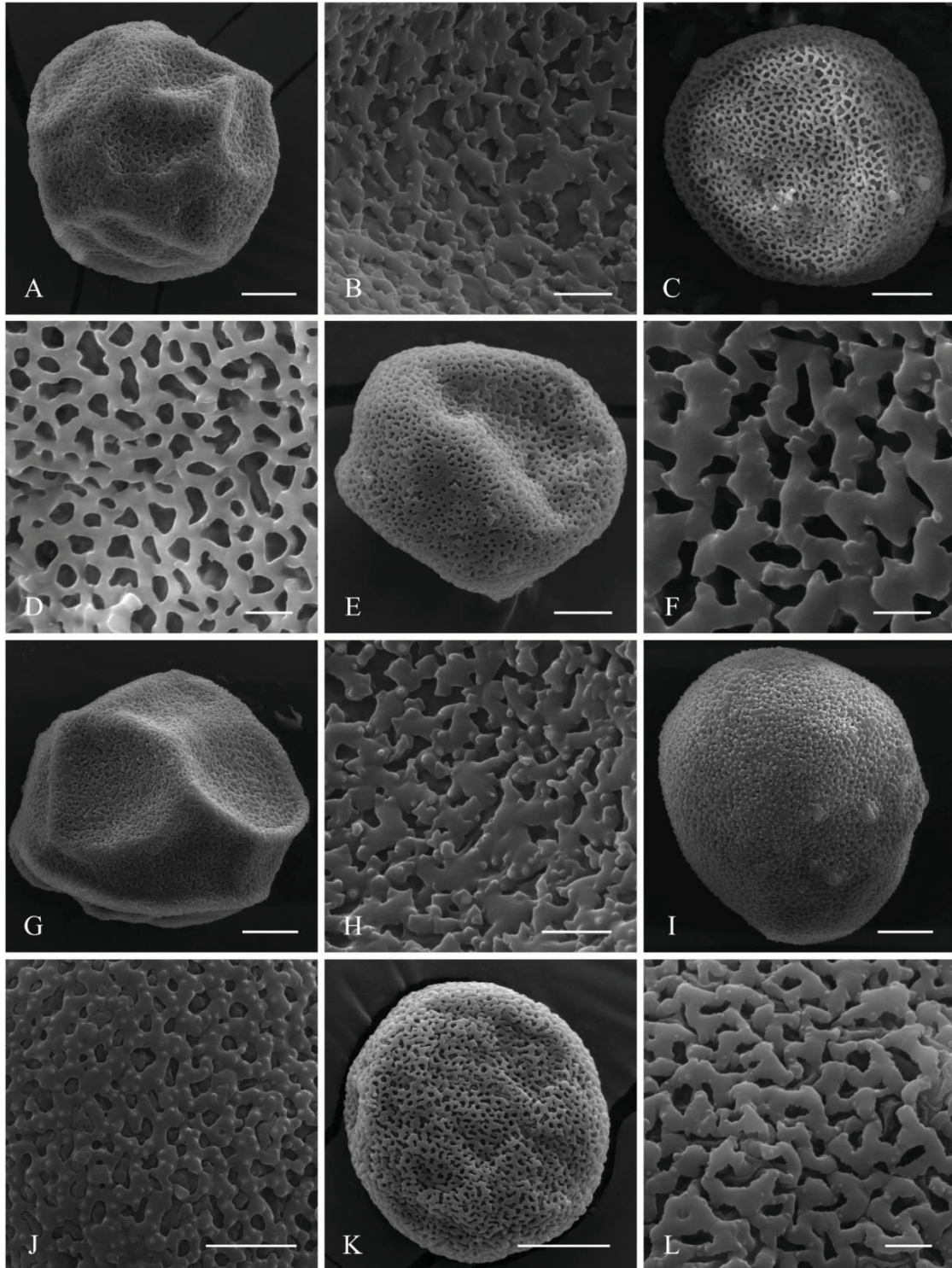
NOTE: A-D. *P. suterella* - brevistylos morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM17323). B. L.O. in high focus (MBM17323). C. L.O. in low focus (MBM17323). D. Optical section (MBM17323). E-F. *P. suterella* - longistylos morpho. E. General aspect of pollen grain, detail surface (MBM61583). F. Optical section (MBM61583). G-L. *P. sessilis* - brevistylos morpho. G. General aspect of pollen grain (MBM34795). H. L.O. in high focus (MBM34795). I. L.O. in low focus (MBM34795). J. Optical section (MBM34795). *P. sessilis* - longistylos morpho. K. General aspect of pollen grain, detail surface (MBM245031). L. Optical section (MBM245031). Scale bars – 10 μ m (A, E-F, K), 2 μ m (B-D, F, H-J, L).

FIGURE 8. LIGHT MICROSCOPY (LM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *RUDGEA*.

SOURCE: The author (2018).

NOTE: A-E. *R. jasminoides* - brevistylosus morpho. A. General aspect of pollen grain (MBM121115). B. L.O. in high focus (MBM121115). C. L.O. in low focus (MBM121115). D. L.O. in low focus (MBM121115). E. Optical section (MBM121115). F-H. *R. jasminoides* - longistylosus morpho. F. L.O. in high focus (MBM13029). G. L.O. in low focus (MBM13029). H. Optical section (MBM13029). I-M. *R. parquoides* - brevistylosus morpho. I. General aspect of pollen grain (MBM63580). J. L.O. in high focus (MBM63580). K. L.O. in low focus (MBM63580). L. L.O. in low focus (MBM63580). M. Optical section (MBM63580). N-O. *R. parquoides* - longistylosus morpho. N. General aspect of pollen grain, detalhe superficie (MBM293842). O. Optical section (MBM293842). Scale bars – 10 μ m (A, I, N), 2 μ m (B-H, J-M, O).

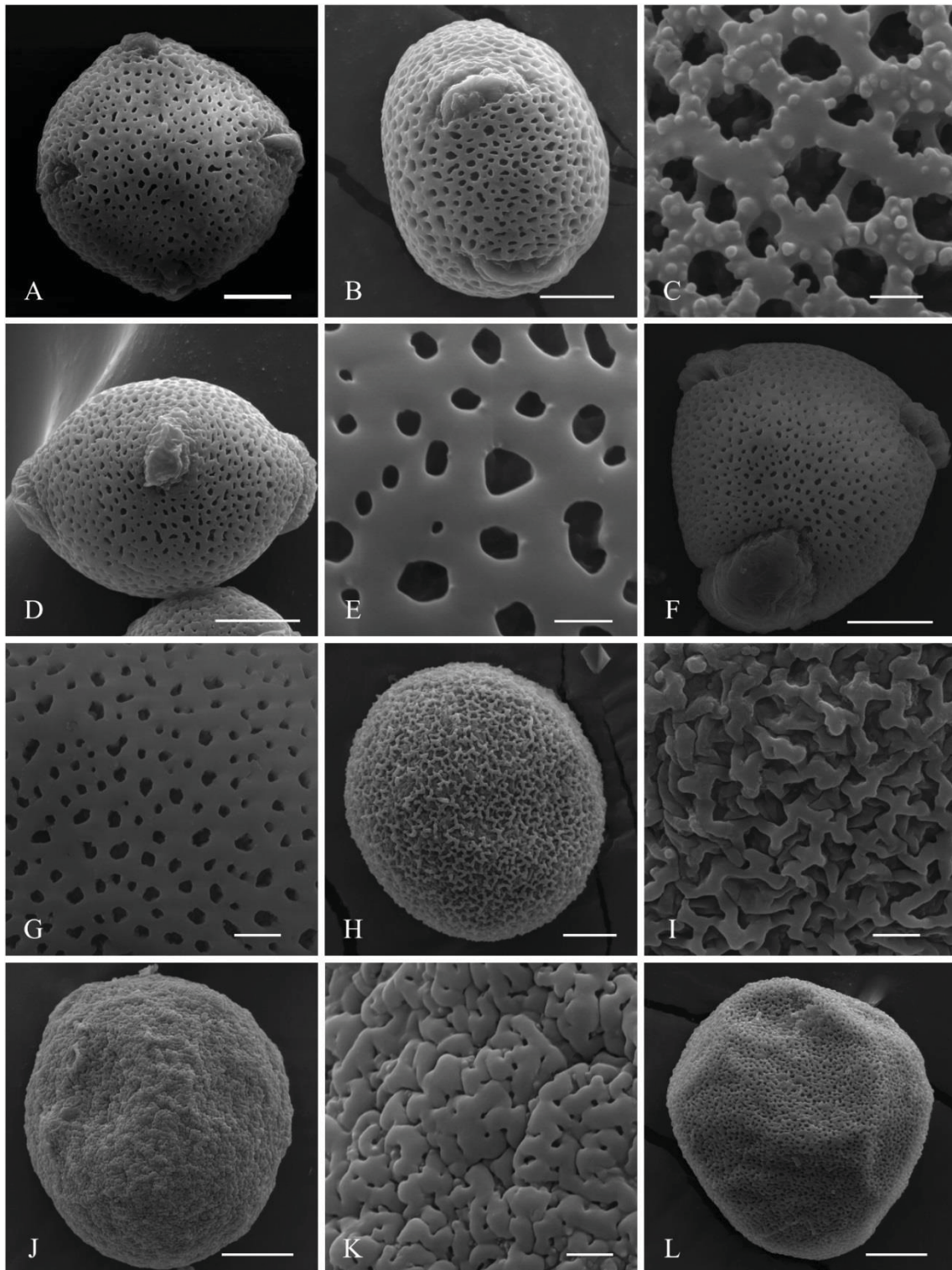
FIGURE 9 - SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA* AND *PSYCHOTRIA*.



SOURCE: The author (2018).

NOTE: A-B. *P. australis* (MBM306906) - longistylous morpho. A. General view, spheroidal pollen grain. B. Surface detail. C-D. *P. mamillaris* (MBM374122) - brevistylous morpho. C. General view, spheroidal pollen grain. D. Surface detail. E-F. *P. mamillaris* (MBM63573) - longistylous morpho. E. General view, spheroidal pollen grain. F. Surface detail. G-H. *P. marcgravii* (MBM50729) - brevistylous morpho. G. General view, spheroidal pollen grain. H. Surface detail. I-J. *P. rigida* (MBM163644) - longistylous morpho. I. General view, spheroidal pollen grain. J. Surface detail. K-L. *P. brachypoda* (MBM250220) - brevistylous morpho. K. General view, spheroidal pollen grain. L. Surface detail. Scale bars - 20 μm (K), 10 μm (A, C, E, G, I), 5 μm (J), 2 μm (B), 1 μm (D, F, H, L).

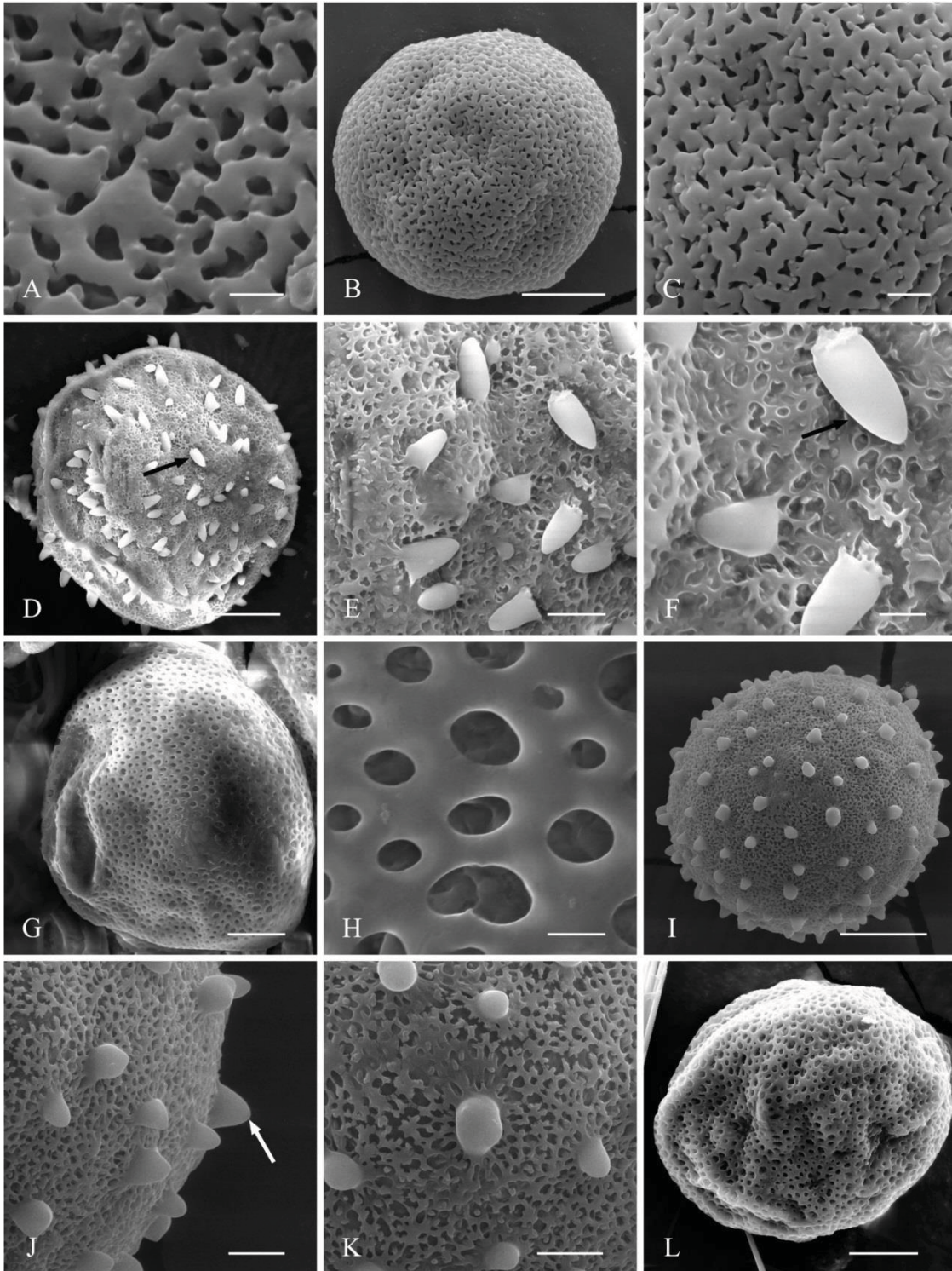
FIGURE 10 - SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PSYCHOTRIA*.



SOURCE: The author (2018).

NOTE: A-C. *P. carthagenensis* (MBM72343) - brevistylous morpho. A. Polar view. B. Equatorial view. C. Surface detail. (MBM187859). D-E. *P. carthagenensis* (MBM190203) - longistylous morpho. D. Equatorial view. E. Surface detail. F-G. *P. fractistipula* (MBM374447) - longistylous morpho. F. Polar view. G. Surface detail. H-I. *P. leiocarpa* (MBM306913) - brevistylous morpho. H. General view, spheroidal pollen grain. I. Surface detail. J-K. *P. nuda* (MBM262628) - brevistylous morpho. L. *P. stachyoides* (MBM83955) - longistylous morpho. L. General view, spheroidal pollen grain. Scale bars - 20 μm (J), 10 μm (A-B, D, F, H, L), 2 μm (E, I, K), 1 μm (C, G, H, L).

FIGURE 11 - SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) IMAGES OF POLLEN GRAINS OF *PALICOUREA*, *PSYCHOTRIA* AND *RUDGEA*.



SOURCE: The author (2018).

Note: A. *P. stachyoides* (MBM83955) - longistylous morpho. A. Surface detail. B-C. *P. sessilis* (MBM245031) - longistylous morpho. B. General view, spheroidal pollen grain. C. Surface detail. D-F. *R. jasminoides* (MBM389195) - brevistylous morpho. D. General view, spheroidal pollen grain. E. Surface detail. F. Surface detail. G-H. *R. jasminoides* (MBM189560) - longistylous morpho. G. General view, spheroidal pollen grain. H. Surface detail. I-K. *R. parquioides* (MBM63580), brevistylous morpho. I. General view, spheroidal pollen grain. J. Surface detail. K. Surface detail. L. *R. parquioides* (MBM293842) - longistylous morpho. L. General view, spheroidal pollen grain. Scale bars - 20 μm (D, I), 10 μm (B, G, M), 5 μm (E, J-K), 2 μm (C, F), 1 μm (A, H).

4. DISCUSSION

The heterostyly species of the tribe Psychotrieae related to the genera *Palicourea*, *Psychotria* and *Rudgea* were classified into two pollen types (inaperturate or colpate).

The species *Palicourea australis*, *P. brachypoda*, *P. mamillaris*, *P. marcgravii*, *P. rigida*, *P. sessilis*, *Psychotria fluminensis*, *P. leiocarpa*, *P. nemorosa*, *P. nuda*, *P. stachyoides*, *P. suterella*, *Rudgea jasminoides* and *R. parquioides* are inaperturate, corroborating with the descriptions by Salgado-Labouriau (1973), Jung-Mendaçolli (1984), Roubik & Moreno (1991), Johansson (1992), Melhem et al. (2003), Dessein (2005) and Silveira-Junior et al. (2012). Only *Psychotria carthagenensis* and *P. fractistipula* presented apertures. In the two studied specimens of the brevistylous morph of *P. carthagenensis*, the pollen grains with 4-colpates predominated and in the longistylous morph the 3-colpates predominated in the two specimens. In the *P. fractistipula*, the 3-colpates predominated in the specimens of the brevistylous morph and the longistylous morph.

From the six species of *Palicourea* studied, only the pollen grains of *P. rigida* presented the same ornamentation in the two floral morphs. Among the species, only the brevistylous morph of *Palicourea australis* presented rugulate and microreticulate exine, and in the longistylous morph of *Palicourea marcgravii*, the lumina presented larger sizes than in the other species, classifying it as reticulated with suprategal spines exine.

From the eight inaperturate species of the *Psychotria* studied, only *P. leiocarpa* presented differences in pollen ornamentation among floral morphs by the higher lumina in the brevistylous reticulum. All seven configuring themselves as stenopalynous species.

The colpate species of *Psychotria carthagenensis* Jacq. and *P. fractistipula* L.B.Sm. et al. have consistently presented suprategal spines in the microreticulum of the pollen grains of the brevistylous morphs. The pollen grains of the longistylous morphs did not present spines.

In *Rudgea*, the two species were consistent in presenting suprategal spines in the brevistylous morphs, varying only in the shape of the apex of the spines and, microreticulum without spines in the longistylous, classifying it as a stenopalynous genus.

The pollen grains of the brevistylous morphs of several species of *Palicourea* and *Psychotria* are slightly larger, as observed in the Table I and II. This was verified also by Baker (1958), Bremekamp (1963) and Jung-Mendaçolli & Melhem (1995).

Palynological analyses were performed by Salgado-Labouriau (1973) and Silveira-Junior et al. (2012) in *P. rigida* and have similar results to the present study. However, the first

cited author observed muri bi- or tri-columellate, as opposed to the present study which has muri simplicolumellate, which was also observed in Silveira-Junior et al. (2012).

Authors such as Erdtman 1952, Jung-Mendaçolli & Melhem 1995 and Dessein et al. 2005, carried out morphological studies with *Palicourea* species, and mentioned that the pollen characteristics within the genus were very similar, with large sized pollen grains, spheroidal and inaperturate, and is a stenopalynous genus. Our results showed some differences between the morphs in relation to the sexine ornamentation of three species of the four studied, with presence or absence of rugulae or spines and larger reticulum lumens.

Species of the genus *Psychotria* and *Palicourea* were described by Johansson (1992), Jung-Mendaçolli (1984), Jung-Mendaçolli & Melhem (1994), Roubik & Moreno (1991) with inaperturate or aperturate pollen grains. Inaperturate pollen grains were analysed for most species of *Psychotria*, such as *P. leiocarpa*, *P. nemorosa*, *P. stachyoides*, *P. suterella* and *P. sessilis* by Jung-Mendaçolli (1984) and Melhem *et al.* (2003) with similar brevistylous and longistylous morphs corroborating mostly with the present study. As seen previously, only *P. leiocarpa* presented sexine ornamentation differences among the morphs by the larger lumens in the reticulum of the brevistylous morph. The results obtained in the present study with respect to the sexine ornamentation of *P. stachyoides* and *P. sessilis* as microreticulated with supratectal spines differ from those published by Jung-Mendaçolli (1984) and Melhem *et al.* (2003), with *P. stachyoides* rugulate-pilate (brevistylous morph) and pilate-rugulate (longistylous morph), and *P. sessilis*, rugulate-pilate.

Johansson (1992) studied *P. leiocarpa* and described it as inaperturate pollen grains, with reticulated and microreticulated sexine. The specimens of *P. leiocarpa* studied here presented differences between the morphs in relation to the size of the reticulum lumens, differing from the results of the mentioned author by the presence of supratectal spines in the two floral morphs.

Having inaperturate pollen grains, the *Rudgea* species (*R. jasminoides* and *parquioides*) have distinct morphological differences between the brevistylous and longistylous morphs. Regarding the size and sexine ornamentation of *R. jasminoides*, the pollen grains in the brevistylous morphs have microreticulated sexine, with rare bacula inside the lumens, and with spines with sharp apices that vary in height. The pollen grains of the longistylous flowers are of a smaller size and with microreticulate heterobrochate of rounded lumens sexine. These descriptions are compatible with those performed by Jung-Mendaçolli & Melhem (1995) and Melhem *et al.* (2003), who cited pollen grains of the brevistylous morphs with reticulate with spines sexine ornamentation and longistylous as reticulated without spines.

In the literature, the pollen morphology of *P. carthagenensis* is described by Roubik & Moreno (1991), treated as inaperturate pollen grain differing from the tricolpate and tetracolpate pollen grains observed here. Our results corroborate with the data from Johansson (1992). Regarding sexine ornamentation, the analysed pollen grains are foveolated with supratectal spines, microreticulated with supratectal spines, microreticulated of rounded lumina, foveolate and microreticulated lumens, differing from Johansson (1992), who described pollen grains with microreticulated sexine and microreticulated-perforate sexine. Concerning shape, the pollen grains analysed here were oblates or suboblates, similar to those of Johansson (1992). Studies carried out by Baker (1958), Bremekamp (1963) and Jansen et al. (1996) reported the existence of pollen dimorphism associated with heterostyly in the genera of the tribe Psychotrieae, contributing to elucidate the variability of the pollen types found in brevistylous and longistylous morphs. Darwin (1896) and Barrett et al. (1992) suggested that the difference in the size of pollen grains between the brevistylous and longistylous morphs is related to the amount of carbohydrate and lipid reserves. Moreover, the brevistylous pollen grains would be larger as they have more reserve to be able to emit longer pollen tubes as they journey along the long styles of longistylous flowers. According to Ganders (1979) and Dulberger (1992), the production of pollen grains in longistylous flowers should be a larger number and smaller sized. In contrast, that of the brevistylous flowers should be a smaller number and larger sized, which are characteristics verified in the analysed species.

5. CONCLUSIONS

The species studied from the genera *Psychotria* are being reorganized as to their classification. This process is slow and there are numerous taxonomic problems to be solved for the species of this genus, in this way, the species were presented according to the current classification. The analyzed species of *Palicourea* are inert and have few variations between species and floral morphs. The species of *Psychotria* with inaperturate and colpate pollen grains, present small differences of pollen ornamentation between the brevistylous and longistylous shapes. Recalling that the inappropriate grains correspond to species belonging to the genera *Palicourea*, and that these species are in the process of transfer to *Palicoureae*. The two species of *Rudgea* analyzed are very similar, showing great variation in ornamentation among their floral morphs.

The palynological data obtained may contribute to the taxonomic knowledge of the Palicoureae tribe species, and may contribute to the advance of the systematic and morphological study of Rubiaceae.

6. SPECIMENS INVESTIGATED

- Palicourea australis* C. M. Taylor. Brazil: Paraná, Bocaiúva do Sul. J.M. Silva & O.S. Ribas 3137, 07 January 2000 (MBM243622); Brazil: Paraná, Colombo. Y.S. Kuniyoshi 4819, 11 December 1984 (MBM569); Brazil: Paraná, Palmas. G. Hatschbach 30765, 20 November 1972 (MBM28343); Brazil: Paraná, Guarapuava. J. Cordeiro 140, 04 December 2004 (MBM306906).
- Palicourea brachypoda* (Müll. Arg.) L.B. Sm. & Downs. Brazil: Paraná, Morretes. G. Hatschbach 42584, 06 November 1974 (MBM63852); Brazil: Paraná, Antonina. G. Hatschbach 43283, 14 November 1980 (MBM67836); Brazil: Paraná, Morretes. R. Kummrow 2538 & G. Hatschbach, 23 November 1984 (MBM95049); Brazil: Paraná, Paranaguá. C. Kozera 1306, O.P. Kozera & N. Cieniuch, 06 November 1999 (MBM250220).
- Palicourea mamillaris* (Müll. Arg.) C. M. Taylor. Brazil: Paraná, Cerro Azul. G. Hatschbach 42590, 23 November 1979 (MBM63573); Brazil: Paraná, Foz do Iguaçu. L.C.F. Rocha 23, L.G. Temponi, M. Lautert, M.T. Martinez, 30 March 2011 (MBM374122); Brazil: Paraná, Foz do Iguaçu. A.C. Cervi 3040 *et al.*, 24 November 1989 (MBM136420); Brazil: Paraná, Jundiá do Sul, J. Carneiro 256, 09 November 1996 (MBM218592).
- Palicourea marcgravii* A.St.-Hil. Brazil: Paraná, Vila Alta. S.R. Ziller 1204, 11 December 1995 (MBM187860); Brazil: Paraná, Cerro Azul. G. Hatschbach 42590, 23 November 1979 (MBM63573); Brazil: Paraná, Bocaiúva do Sul, G. Hatschbach, 21 January 1963 (MBM50729).
- Palicourea rigida* Kunth. Brazil: Paraná, Jaguariaíva. Cervi *et al.* 3523, 17 December 1991 (MBM163644); Brazil: Paraná, Palmeira. J. Cordeiro, J.M. Silva & C.B. Poliquesi 4146, 27 December 2010 (MBM365956); Brazil: Paraná, Jaguariaíva. S.M. Silva, 05 November 1994 (MBM197442); Brazil: Paraná, Ponta Grossa. Dombrowski, 12 October 1991 (MBM370516).
- Palicourea sessilis* (Vell.) C.M. Taylor: Paraná, Jaguariaíva. G. Hatschbach 35430, 13 November 1974 (MBM34795); Brazil: Paraná, Ventania. D.A. Estevan *et al.*, 14 October 2014 (MBM371630); Brazil: Paraná, Rio Branco do Sul. J.M. Cruz & J. Cordeiro, 9 November 1999 (MBM255031).
- Psychotria carthagenensis* Jacq. Brazil: Paraná, Vila Alta. J. Carneiro 2, 04 December 1995 (MBM190203); Brazil: Paraná, Vila Alta. S.R. Ziller 1203, 03 January 1996 (MBM187859); Brazil: Paraná, Foz do Iguaçu. A.C. Cervi *et al.* 6433, 18 November 1997 (MBM225180); Brazil: Paraná, Antonina. G. Hatschbach 44487, 30 December 1981 (MBM72343).
- Psychotria fluminensis* Vell. Brazil: Paraná, Morretes. G. Hatschbach 24195, 24 April 1970 (MBM16073); Brazil: Paraná, Campina Grande do Sul. M.B. Schoer 613, A.Y. Mocoehinski, 28 March 2004 (MBM301264); Brazil: Paraná, Campina Grande do Sul. J.M. Silva, O.S. Ribas & L.R. Lima 4069, 16 May 2004 (MBM296232); Brazil: Paraná, Guaratuba. L.C. Cândia & M. Hassegawa 14, 12 March 1999 (MBM239124).
- Psychotria fractistipula* L.B.Sm. *et al.* Brazil: Paraná, Mauá da Serra. J.M. Silva & E.F. Costa 8066, 01 December 2011 (MBM374447); Brazil: Paraná, Matinhos. F.B. Matos, 91, M.O. Silva, 28 November 2004 (MBM333553); Brazil: Paraná, Palmeira. M.E. Engels 20 & E.

- Lozano, 10 December 2013 (MBM395899); Brazil: Paraná, Piraquara. N. Imaguire 5340, 01 December 1977 (MBM170347).
- Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl. Brazil: Paraná, Virmond. G. Hatschbach, R. Spichiger, A.C. Cervi & P.A. Loizeau 68773, 17 November 1998 (MBM234282); Brazil: Paraná, Fênix. O.S. Ribas & J.M. Silva 6924, 30 June 2005 (MBM306913); Brazil: Paraná, Guaraqueçaba. S.R. Ziller & W. Maschio 1417, 07 May 1996 (MBM212845); Brazil: Paraná, São Pedro do Ivaí. O.S. Ribas, F.C. Straube & A. Urben-Filho 5611, 13 October 2003 (MBM293840).
- Psychotria nemorosa* Gardner. Brazil: Paraná, Guaraqueçaba. S.R. Ziller & W. Maschio 1397, 07 May 1996 (MBM215283); Brazil: Paraná, Guaraqueçaba. G. Hatschbach 26261, 04 February 1971 (MBM17317); Brazil: Paraná, Matinhos. M.L. Brotto, E. Barboza, A.C. Picoli & P. Bohrer 851, 14 January 2013 (MBM381508); Brazil: Paraná, Tibagi. J.M. Silva, A.C. Cervi *et al.* 3841, 03 November 2003 (MBM294084).
- Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra. Brazil: Paraná, Morretes. G. Hatschbach, 17 April 1949 (MBM51832); Brazil: Paraná, Curitiba. A. de Lima 8, 11 July 2000 (MBM262628); Brazil: Paraná, Paranaguá. R.A. Bonaldi 648, 17 May 2013 (MBM390229); Brazil: Paraná, Guaratuba. A. Frenzel, 1 July 1951 (MBM5359).
- Psychotria stachyoides* Benth. Brazil: Paraná, Piraquara. G. Hatschbach 25728, 03 December 1971 (MBM17326); Brazil: Paraná, Ponta Grossa. C.B. Poliquesi, J. Cordeiro & E. Barbosa 619, 24 November 1999 (MBM243638); Brazil: Paraná, São José dos Pinhais. R. Kummrow 2080, 11 November 1982 (MBM78150); Brazil: Paraná, Palmeira. L.R. Landrum 3924, 02 December 1981 (MBM83955).
- Psychotria suterella* Müll.Arg. Brazil: Paraná, Adrianópolis. I. Isernhagen & S.M. Silva 360, 01 March 2000 (MBM256022); Brazil: Paraná, Curitiba. P.I. Oliveira 246, 26 February 1980 (MBM67838); Brazil: Paraná, Chopinzinho. G. Hatschbach 25355, 19 February 1971 (MBM17323); Brazil: Paraná, São José dos Pinhais. P.I. Oliveira 111, 24 October 1979 (MBM63579); Brazil: Paraná, São José dos Pinhais. P.I. Oliveira 111, 24 October 1979 (MBM61583).
- Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll.Arg. Brazil: Paraná, Guaratuba. G. Felitto 745, 05 November 2013 (MBM389195); Brazil: Paraná, Ponta Grossa. C.B. Poliquesi 470 & J.M. da Cruz, 12 October 1995 (MBM189560); Brazil: Paraná, Amaporã. S. Goetzke 107, 26 December 1987 (MBM121115); Brazil: Paraná, Vittorino. G. Hatschbach 22678, 25 October 1969 (MBM13029).
- Rudgea parquioides* (Cham.) Müll.Arg. Brazil: Paraná, Curitiba. J.M. Silva 8470 & L.M. Martins, 24 October 2013 (MBM386198); Brazil: Paraná, Piraquara. J.M. Silva, E. Barbosa & E.F. Costa 3919, 27 November 2003 (MBM293842); Brazil: Paraná, São José dos Pinhais. P.I. Oliveira 111, 24 October 1979 (MBM63579); Brazil: Paraná, Curitiba. P.I. Oliveira 104, 16 October 1979 (MBM63580).

REFERENCES

- BAKER, H. G. Pollen dimorphism in the Rubiaceae. **Evolution**, England, v.10, p. 23- 31, 1956.
- BAKER, H. G. Studies in the reproductive biology of West African Rubiaceae. **Journal of the West African Science Association**, v. 4, p. 9-24, 1958.

BARBOSA, M. R.; ZAPPI, D.; TAYLOR, C.; CABRAL, E.; JARDIM, J. G.; PEREIRA, M. S.; CALIÓ, M. F.; PESSOA, M. C. R.; SALAS, R.; SOUZA, E. B.; DI MAIO, F. R.; MACIAS, L.; ANUNCIACÃO, E. A.; GERMANO FILHO, P.; OLIVEIRA, J. A.; BRUNIERA, C. P.; GOMES, M.; DE TONI, K.; FIRENS, M. **Rubiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB210>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

BARRETT, S. C. H.; RICHARDS, J. H. Heterostyly in tropical plants. **New York Botanical Garden**, New York, v. 55, p. 35-61, 1990.

BARRETT, S. C. H. **Evolution and function of heterostyly**. Springer-Verlag. Berlin.1992.

BARTH, O. M.; MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1988.

BREMEKAMP, C. E. B. On pollen dimorphism in heterostylous Psychotrieae, especially in the genus *Mapouria* Aubl. **Grana Palynology**, v. 4, p. 53-63, 1963.

BREMER, B.; ERIKSSON, O. Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamily, and tribes. **International Journal of Plant Science**, v. 170, p. 766-793, 2009.

BREMER, B.; MANEN, J.-F. Phylogeny and classification of the subfamily Rubioideae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 225, p. 43-72, 2000.

BRUNIERA, C. P.; ZAPPI, D. *Rudgea* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14263>>. Acesso em: 28 Mai. 2018.

DARWIN, S. P. A synopsis of the indigenous genera of Pacific Rubiaceae. **Allertonia**, v. 2, p. 1-44, 1979.

DARWIN, C. R. **The different forms of flowers on plants of the same species**. New York: D. Appleton and Company, 1896.

DELPRETE, P. The status of monographic and floristic studies of Neotropical Rubiaceae, with emphasis on the Flora of The Guianas. **Flora of the Guianas Newsletter**, v. 12, p. 11-13, 1999.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. M. Rubiaceae. *In*: A. Reis (ed.). *Flora ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, v.1, p. 1-345, 2004.

DESSEIN, S.; OCHOTERENA, H.; BLOCK, P. D.; LENS, F.; ROBBRECHT, E.; SCHOLS, P.; SMETS, E.; VINCKIER, S.; HUYSMANS, S. Palynological Characters and Their Phylogenetic Signal in Rubiaceae. **The New York Botanical Garden**, v. 71, n. 3, p. 354-414, 2005.

DESSEIN, S.; SCHELTENS, A.; HUYSMANS, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. Pollen morphological survey of Pentas (Rubiaceae–Rubioideae) and its closest allies. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 112, p. 189-205, 2000.

- DULBERGER, R. Floral polymorphisms and their functional significance in the heterostylous syndrome. In: S.C.H. Barrett (ed.). Evolution and function of heterostyly. Monographs on Theoretical and Applied Genetics. **Springer-Verlag**, Berlin, p. 41-84, 1992.
- ERBAR, C. Sympetaly - a systematic character. **Botsche Jahrbücherfür Systematik**, v. 112, p. 417-451, 1991.
- ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1952.
- ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms**. 2^a ed. New York: Hafner Publishing Company, 1971.
- FERREIRA JUNIOR, M.; VIEIRA, A. O. S. Espécies arbóreo-arbustivas da família Rubiaceae Juss. na bacia do rio Tibagi, PR, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 289-336, 2015.
- GANDERS, F. R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v.17, p. 607-635, 1979.
- GOVAERTS, R.; RUHSAM, M.; ANDERSSON, L.; ROBBRECHT, E.; BRIDSON, D.; DAVIS, A.; SCHANZER, I. **World Checklist of Rubiaceae**. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, 2018. Disponível em: <<http://wmsp.science.kew.org/>>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- HESSE, M.; HALBRITTER, H.; ZETTER, R.; WEBER, M.; BUCHNER, R.; FROSCHRADIVO, A.; ULRICH, S. Pollen Terminology: an illustrated handbook. **Springer-Verlag**, Vienna, 2009.
- JANSEN, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. The systematic value of endexine ornamentation in some Psychotrieae pollen (Rubiaceae - Rubioideae). **Grana**, v. 35, p. 129- 35. 1996.
- JOHANSSON, J. T. Pollen morphology in *Psychotria* (Rubiaceae, Rubioideae, Psychotrieae) and its taxonomic significance: A preliminary survey. **Opera Botanic**, v. 115, p. 1–71, 1992.
- JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. J. **Contribuição ao estudo palinológico das Rubiaceae**. 1984. 2010 f. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil), 155-Rubiaceae. **Hoehnea**, v. 21, n. ½, p. 97-129, 1994.
- JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Grãos de pólen de espécies heterostílicas de Rubiaceae. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 18, p. 61-93, 1995.
- LIEBSCH, D.; MIKICH, S. B. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 275-391, 2009.
- 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**, v. 16, p. 1-104, 2003.

MELHEM, T. S.; ROSSI, C. L. B.; SILVESTRE, M. S. F. Pollen morphological studies in Rubiaceae. **Hoehnea**, São Paulo, v. 4, p. 49-70, 1974.

PAUL, J.; MORTON, C.; TAYLOR, C. M.; TONSOR, S. J. Evolutionary time for dispersal limits the extent but not the occupancy of species' potential ranges in the tropical plant genus *Psychotria* (Rubiaceae). **The American Naturalist**, 173(2): 188–199, 2009.

PASSOS, L.; SAZIMA, M. Reproductive biology of the distylous *Manettia luteo-rubra* (Rubiaceae). **Botanica Acta**, v. 108, p. 309-313, 1995.

PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M. F.; CARVALHO-OKANO, R. M. Fenologia da floração, morfologia floral e Sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragment florestal do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 471-480, 2006.

PUNT, W.; HOEN, P.; P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 143, p. 1-81, 2007.

RAZAFIMANDIMBISON, S. G.; RYDIN, C.; BREMER, B. Evolution and trends in the Psychotrieae alliance (Rubiaceae): A rarely reported evolutionary change of many-seeded carpels from one-seeded carpels. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 48, p. 207 – 223, 2008.

RAZAFIMANDIMBISON, S. G.; TAYLOR, C. M.; WIKSTRÖM, N.; PAILLER, T.; KHODABANDEH, A.; BREMER, B. Phylogeny and generic limits in the sister tribes Psychotrieae and Palicoureeae (Rubiaceae): Evolution of schizocarps in *Psychotria* and origins of bacterial leaf nodules of the Malagasy species. **American Journal Botanic**, v. 107, n. 1, p. 1102–1126, 2014.

ROBBRECHT, E.; MANEN, J. F. The major evolutionary lineages of the coffee family (Rubiaceae, angiosperms). Combined analysis (nDNA and cpDNA) to in ferthe position of *Coptosapelta* and *Luculia*, and supertree construction based on *rbcL*, *rps16*, *trnL-trnF*, and *atpB-rbcL* data. A new classification in two subfamilies, Cinchonoideae and Rubioideae. **Systematics and Geography of Plants**, v.76, p. 85-146, 2006.

ROUBIK, D. W.; MORENO, P. J. E. Pollen and spores of Barro Colorado Island. **Missouri Botanical Garden**, New York, p. 151-152, 1991.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 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**, v. 6, p. 166-176, 1965.

SEDIO, B. E.; PAUL, J. R.; TAYLOR, C. M.; DICK, C. W. Fine-scale niche structure of Neotropical forests reflects a legacy of the Great American Biotic Interchange. **Nature Communications**, v. 4, p.2317. 2013.

SILVEIRA-JUNIOR, C. E. A.; SABA, M. D.; JARDIM, J. G. Pollen morphology of Rubiaceae Juss. species occurring in an area of caatinga (dryland) vegetation in Bahia State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 444-455, 2012.

SOUZA, D. C.; SOUZA, M. C. Levantamento florístico das tribos Psychotrieae, Coussareeae e Morindeae (Rubiaceae) na região de Porto Rico, alto rio Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 1998.

TAYLOR, C.; GOMES, M.; ZAPPI, D. **Psychotria in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14162>>. Acesso em: 28 Mai. 2018.

TAYLOR, C. M. Conspectus of the genus *Palicourea* (Rubiaceae: Psychotrieae) with the description of some new species from Ecuador and Colombia. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. V. 84, n. 2, p. 224–262, 1997a

TAYLOR, C. M. Rubiacearum americanarum magna hama pars XXXIII: The new group *Palicourea* sect. *Didymocarpae* with four new species and two new subspecies (*Palicoureeae*). **Novon**, v. 23, n. 4, p. 452–478, 2015a.

TAYLOR, C. M. Rubiacearum americanarum magna hama pars XXXIV: The new group *Palicourea* sect. *Tricephalium* with six new species and a new subspecies (*Palicoureeae*). **Novon**, v. 24, n. 1, p. 55–95, 2015b.

TAYLOR, C. M.; HOLLOWELL, V. C. Rubiacearum Americanarum Magna Hama Pars XXXV: The New Group *Palicourea* sect. *Nonatelia*, with Five New Species (*Palicoureeae*). **Novon**, v. 25, n. 1, p. 69-110. 2016.

TAYLOR, C. M. Taxonomic revision of *Cruckshanksia* and *Oreopolus* (Rubiaceae: Hedyotideae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 83, n. 4, p.461-479. 1996.

VERDCOURT, B. Remarks on the classification of the Rubiaceae. **Bulletin du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles**, v. 28, n.3, p. 209-290, 1958.

VIEIRA, S. **Introdução à Bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1981.

ZAPPI, D. Revision of *Rudgea* (Rubiaceae) in Southeastern and Southern Brazil. **Kew Bulletin**, v. 58, n. 3, p. 513-596, 2003

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO MORFOPOLÍNICA DE ESPÉCIES DE *BORRERIA* G.MEY., *EMMEORHIZA* POHL EX ENDL., *GALIANTHE* GRISEB. EX LORENTZ, *HEXASEPALUM* BARTL. EX DC., *MANETTIA* MUTIS EX L. (SPERMACOCEAE – RUBIACEAE) OCORRENTES NA REGIÃO SUL DO BRASIL

RESUMO

Foram analisados os grãos de pólen de 39 espécimes de *Borreria* (2sp.), *Emmeorhiza* (1 sp), *Galianthe* (3 sp.), *Hexasepalum* (1 sp.) e *Manettia* (4 sp.) utilizando microscopia de luz e eletrônica de varredura. As espécies foram caracterizadas de acordo com o número e posição de aberturas em três tipos polínicos: zonocolpadas, colporadas e zonocolporadas. Os grãos de pólen são de tamanho médio a grande, isopolares, suboblatos, oblatos, oblato-esferoidais, subprolatos ou prolato-esferoidais, âmbito subtriangular, quadrangular ou subcircular. A exina é semitectada ou tectada perfurada e a escultura variou de equinado-perfurada, microreticulado-equinada a reticulada, cuja malha do retículo apresentou variações na forma do lumen. Foi observada a presença de heterostilia em algumas espécies, porém, seus grãos de pólen não apresentaram diferenças morfopolínicas significativas capazes de diferenciar os morfos brevistilos dos longistilos. Os resultados palinológicos obtidos ampliaram a caracterização morfológica das espécies de Spermacoceae Bercht. & J. Presl. podendo auxiliar na delimitação dos táxons.

Palavras-chave: Palinologia. Heterostilia. Rubioidae. Paraná.

1 INTRODUÇÃO

A tribo Spermaceae Bercht. & J. Presl. *sensu lato* (incluindo Hedyotideae e Manettieae, de acordo com Bremer e Manen (2000), Dessein (2003), Dessein et al. (2005), Karehed e Bremer (2007)) pertence à subfamília Rubioideae e está representada por aproximadamente 61 gêneros e 1.235 espécies, com distribuição tropical e subtropical.

De acordo com trabalhos desenvolvidos por Bremer e Manen (2000), Dessein (2003), Delprete et al. (2005), Delprete e Cortés (2006), Delprete (2007, 2010), Groeninckx et al. (2009a, b), Lens et al. (2009), Karehed e Bremer (2007), no Brasil ocorrem os seguintes gêneros de Spermaceae: *Anthospermopsis* (K. Schum.) J. H. Kirbr., *Denscantia* E.L. Cabral & Bacigalupo, *Diacrodon* Sprague, *Diodella* Small, *Diodia* L., *Emmeorhiza* Endl., *Galianthe* Griseb. ex Lorentz, *Leptoscela* Hook. f., *Manettia* Mutis ex L., *Mitracarpus* Zucc. ex Schult. & Schult. f., *Oldenlandia* L., *Pentodon* Hochst., *Psyllocarpus* Mart. ex Mart. & Zucc., *Richardia* L., *Spermaceae* s.l. (incl. *Arbulocarpus* Tennat, *Borreria* G.Mey., *Bigelowia* Spreng., *Dasycephala* Hook. f., *Diacrodon* Sprague, *Dichrospermum* Bremek., *Diodioides* Loefl., *Diphragmus* C. Presl, *Hexasepalum* Bartl., *Hypodematum* A. Rich., *Jurgensia* Raf. Octodon Thonn., *Paragophyton* K. Schum., *Spermaceodes*, Tardavel Adans.), *Staelia* Cham. & Schltl. (incl. Tessiera DC.) e *Schwendenera* K. Schum. Dentre estes, *Borreria* G.Mey., *Diodella* Small, *Diodia* L., *Emmeorhiza* Endl., *Galianthe* Griseb. ex Lorentz, *Manettia* Mutis ex L., *Mitracarpus* Zucc. ex Schult. & Schult. f., *Oldenlandia* L., *Pentodon* Hochst., *Richardia* L. ocorrem na região Sul do país (FLORA DO BRASIL, 2020; DELPRETE et al., 2004; KAHALER et al., 2014).

Spermaceae é uma tribo bem delimitada filogeneticamente, mas, existem dúvidas entre as relações genéricas e específicas nos gêneros *Borreria* G. Mey., *Diodella* L., *Diodia* L. e *Galianthe* Griseb. (GROENINCKX et al., 2009a). Sua espécies são caracterizadas pelo porte herbáceo, presença de ráfides, estípulas fimbriadas, conadas formando uma bainha, flores tetrâmeras, com sementes e frutos altamente variáveis e a ocorrência frequente de grãos de pólen poliaperturado (DESSEIN, 2003). Alguns gêneros de Spermaceae possuem distília, ou seja, a existência de dois morfos florais: brevistilo (estigma abaixo do nível das anteras) e longistilo (estigma acima do nível das anteras) (BARRET; RICHARDS, 1990). Este dimorfismo geneticamente controlado pode influenciar no tamanho e no número de grãos de pólen produzidos pelas flores brevistilas e longistilas, sendo menos frequentes alterações na forma, cor e escultura da exina, sendo interpretado como um sistema que promove a polinização

cruzada (GANDERS, 1979; BARRET; RICHARDS, 1990; BARRET, 1992; PASSOS; SAZIMA, 1995).

Trabalhos de morfologia polínica com espécies de Spermacoaceae evidenciaram o valor sistemático dos caracteres polínicos na tribo. A morfologia polínica foi útil no restabelecimento de *Galianthe* Griseb. (CABRAL, 1991; PIRE; CABRAL, 1992; PIRE, 1997) e na classificação infragenérica proposta para *Borreria* (BACIGALUPO; CABRAL, 1996; PIRE, 1996). Caracteres polínicos também foram importantes para a caracterização de espécies africanas de *Spermacoce* L. (DESSEIN et al., 2002). Estudos polínicos foram realizados por Jung-Mendaçolli (1984) na Reserva Biológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, com enfoque nas variações polínicas decorrentes de heterostilia e, incluíram espécies de Spermacoaceae como *Borreria verticillata* (L.) G. Mey.), *Emmeorhiza umbellata* (Spreng.) K. Schum., *Hexasepalum radula* (Willd.) Delprete & J. H. Kirkbr (com sinônimo heterotípico *Diodella* Small) e *Manettia gracilis* Cham. & Schldl. Os grãos de pólen de três espécies de *Manettia* Mutis ex L. (*Manettia cordifolia* Mart., *Manettia gracilis* Cham. & Schldl., *Manettia paraguariensis* Chodat.) foram estudados por Macias (1998) e, descritos com base no número de aberturas em tipos e subtipos polínicos de acordo com a ornamentação da exina.

Por tratar-se de uma família heterostílica, são poucos os trabalhos polínicos que os caracterizam conforme este dimorfismo. Pretende-se com este trabalho descrever a morfologia polínica de espécies de *Borreria*, *Emmeorhiza*, *Galianthe*, *Hexasepalum* e *Manettia* da tribo Spermacoaceae, ocorrentes na região Sul do Brasil, verificando a existência e as possíveis variações polínicas decorrentes da distilia para estabelecer atributos polínicos úteis à taxonomia da família.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os grãos de pólen de 39 coleções de herbário, pertencentes aos gêneros *Borreria* G. Mey. [*Borreria poaya* (A.St.-Hil.) DC.; *Borreria verticillata* (L.) G. Mey.], *Emmeorrhiza* Pohl [*Emmeorrhiza umbellata* (Spreng.) K. Schum.], *Galianthe* Griseb. [*Galianthe chodatiana* (Standl.) E. L. Cabral, *Galianthe cymosa* (Cham.) E.L. Cabral & Bacigalupo, *Galianthe verbenoides* (Cham. & Schtdl.) Griseb.], *Hexasepalum* Bartl. [*Hexasepalum radula* (Willd.) Delprete & J. H. Kirkbr.], *Manettia* Mutis. [*Manettia cordifolia* Mart., *Manettia gracilis* Cham. & Schldl., *Manettia paranensis* Standl. e *Manettia paraguariensis* Chodat] (APÊNDICE 2). A seleção das espécies foi baseada em um levantamento realizado no Herbário do Museu Botânico de Curitiba – MBM (herbário de referência no Estado do Paraná), com as espécies de maior ocorrência da família para a flora do Estado do Paraná.

Os grãos de pólen foram coletados de exsicatas depositadas nos herbários do Museu Botânico de Curitiba, Paraná (MBM) e no Herbário Escola de Florestas Curitiba (EFC). Na coleta dos materiais polínicos foi considerada a presença ou ausência de distília (brevistília ou longistília) em flores em estágio completo de desenvolvimento em pré-antese. O material polínico foi coletado e armazenado separadamente e caso apresentassem distília, eram etiquetados de acordo com o comprimento do estilete (brevistilo ou longistilo). Para cada espécie, retirou-se pólen de pelo menos três botões florais para as análises a fim de verificar as possíveis variações no tamanho dos grãos de pólen (SALGADO-LABOURIAU, 1973).

O material polínico foi preparado segundo o método da acetólise de Erdtman (1952), com as modificações propostas por Melhem *et al.* (2003), visando à observação em microscopia óptica. Mensurações foram realizadas usando-se o tambor micrométrico OLYMPUS OSM acoplado à ocular do microscópio OLYMPUS BX 50 do Instituto de Botânica da Secretaria do meio Ambiente do Estado de São Paulo. Foram tomadas aleatoriamente 25 medidas dos eixos polar (EP) e equatorial (EE) nos grãos de pólen em vista equatorial e, 10 medidas das dimensões das aberturas e da espessura das camadas da exina. As medidas foram realizadas em grãos de pólen distribuídos em sete lâminas para cada espécie, visando uma uniformidade da amostra e, os dados foram submetidos aos seguintes tratamentos estatísticos: média aritmética (\bar{x}), desvio padrão da média (s_x), desvio padrão da amostra (s), coeficiente de variabilidade (V%) e faixa de variação (FV). As comparações das médias foram feitas através da análise do intervalo de confiança (IC) a 95% (VIEIRA, 1981). As medidas das espessuras da sexina e nexina e dos

elementos esculturais da exina foram feitas em 10 grãos de pólen tomados ao acaso e calculadas apenas as médias aritméticas (SALGADO-LABOURIAU, 1973).

As fotomicrografias dos grãos de pólen foram adquiridas digitalmente no Instituto de Botânica com o uso do microscópio óptico Olympus BX50, com câmera de vídeo (Olympus U-CMAD-2) conectada a um microcomputador utilizando-se o programa CellSens Standard 1.5 de 2011 para Windows. Para as eletromicrografias dos grãos de pólen, estes foram tratados previamente para remoção de *pollenkitt* (método da Dr Ortrud Monika Barth, comunicação pessoal), foram obtidas digitalmente no Complexo de Laboratórios Multiusuários da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), com o microscópio eletrônico de varredura FEG, modelo Mira 3/Tescan.

A terminologia palinológica respeitou a seqüência descritiva proposta por Barth e Melhem (1988) com relação ao tamanho, polaridade, forma e ornamentação da exina, sendo estes termos atualizados com o uso dos glossários de Punt et al. (2007) e Hesse et al. (2009). As classes de comprimento dos colpos basearam-se no índice da área polar que é obtido pela relação de distância entre as extremidades de duas aberturas adjacentes com a largura do eixo equatorial na vista polar (FAEGRI; IVERSEN, 1966).

Foi realizada a análise dos componentes principais (ACP) para avaliação das médias dos conjuntos de medidas de oito caracteres dos grãos de pólen: VEEP (vista equatorial eixo polar), VEEE (vista equatorial eixo equatorial), COLPO C (comprimento do colpo), COLPO L (largura do colpo), NEX (espessura da nexina), SEX (espessura da sexina), FORMA (forma do pólen pela relação VEEP/VEEE) e IAP (índice de área polar). Esta análise foi realizada utilizando-se os programas Fitopac (SHEPHERD, 1996) e PC-ORD versão 7 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

As lâminas de microscopia de luz estão depositadas na palinotecas do Núcleo de Pesquisa em Palinologia do Instituto de Botânica de Sao Paulo e Museu Botânico de Curitiba.

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA MORFOLOGIA DO PÓLEN

Os grãos de pólen são de tamanho pequeno a grande, isopolares, oblatos, oblato-esferoidais, suboblatos, subprolatos ou prolato-esferoidais, âmbito subtriangular, quadrangular ou subcircular, 3-4-colporados, 6-7-8-zonocolpados e 6-7-8-9-10-11-12-zonocolporados. Exina semitectada ou tectada perfurada.

3.2 DESCRIÇÃO DOS TIPOS POLÍNICOS

3.2.1 Tipo I – Pólen 6-7-8-zonocolpado

Borreria verticillata (FIGURAS 1G-L; 7D-E) – grãos de pólen de tamanho pequeno nos morfos brevistilos e de pequeno a médio nos morfos longistilos (TABELA 1). Nos morfos brevistilos são isopolares, subcirculares, 6-zonocolpados (20% em MBM289272 e 80% MBM51725) (FIGURA 1G), 7-zonocolpados (70% em MBM289272 e 20% em MBM51725) e 8-zonocolpados (10% em MBM289272 e 0% em MBM51725). Nos morfos longistilos são isopolares, subcirculares, 6-zonocolpados (60% em MBM357954 e 0% em MBM105070), 7-zonocolpados (30% em MBM357954 e 40% em MBM105070), 8-zonocolpados (10% em MBM357954 e 60% em MBM105070), suboblatos (MBM105078 e MBM289272) a oblato-esferoidais (MBM51725 e MBM357954) (TABELA 1), com colpos curtos a muito curtos, estreitos com extremidades afiladas (FIGURAS 1H; 7D; TABELA 2). Exina equinada-perfurada (FIGURA 7E). Sexina mais espessa que a nexina (FIGURA 1I, L; TABELA 2). Tanto nos espécimes brevistilos quanto nos longistilos foram encontrados grãos de pólen de tamanhos menores e deformados, cerca de 1/3 do tamanho do grão de pólen normal, sendo que os morfos brevistilos apresentaram 11% (MBM289272) a 40% (MBM51725) de grãos de pólen menores e deformados e os espécimes longistilos, 28% (MBM105078) a 32% (MBM357954).

3.2.2 Tipo II – Pólen 3-4-6-7-8-9-10-zonocolporado

Manettia cordifolia (FIGURAS 4G-L; 8D-E) – grãos de pólen de tamanho médio a grande, isopolares e prolato-esferoidais (TABELA 1). Nos morfos brevistilos os grãos de pólen apresentam âmbito subtriangular nos 3-colporados (0% em MBM102180 e 2% em

MBM51678) ou quadrangular nos 4-colporados (100% em MBM102180 (FIGURA 4G) e 98% em MBM51678). Os colpos variam de curtos e estreitos (MBM51678) a longos e estreitos com extremidades afiladas (MBM102180) (FIGURA 4H; TABELA 2), com endoaberturas lalongadas e largas com extremidades afiladas, possuindo uma leve constrição na região central. Nos morfos longistilos são subtriangulares nos 3-colporados (35% em MBM398011 e 97% em MBM306920) (FIGURA 8D) ou quadrangulares nos 4-colporados (65% em MBM398011 e 3% em MBM306920), oblato-esferoidais (MBM306920) a prolato-esferoidais (MBM398011) (TABELA 1), com colpos longos e estreitos com extremidades afiladas, endoaberturas lalongadas e largas com extremidades afiladas. Exina microreticulada a reticulada heterobrocada com lumens poligonais (FIGURAS 4J; 8E). Sexina mais espessa que a nexina (FIGURA 4I, L; TABELA 2).

Manettia gracilis (FIGURAS 5A-H; 8F) – grãos de pólen de tamanho médio (TABELA 1), isopolares e subprolotos (MBM390395 B e MBM390418 L) a prolato-esferoidais (MBM395356 B e MBM389739 L). Nos morfos brevistilos e longistilos os grãos de pólen apresentam âmbito subcircular nos 3-colporados (MBM395356 B, MBM389739 L e MBM390418 L) (FIGURA 5D), exceto o morfo brevistilo MBM390395 B, que possui grãos de pólen subcirculares nos grãos 4-colporados (FIGURA 5A). Os colpos variam de longos a muito longos e estreitos com extremidades afiladas (MBM389739 L e MBM395356 L) (FIGURA 5E; TABELA 2) ou, colpos curtos e longos com extremidades largas em MBM390418 L e MBM390395 B (FIGURA 5B; TABELA 2;), com endoaberturas lalongadas, largas, com extremidades afiladas (MBM390395 B e MBM390418 L) com leve constrição mediana (MBM389739 L) ou com extremidades arredondadas e leve constrição mediana (MBM395356 B) (FIGURA 5C). Exina microreticulada heterobrocada (FIGURAS 5F-G; 8F). Sexina mais espessa que a nexina (FIGURA 5H; TABELA 2).

Manettia paraguariensis (FIGURAS 5I-L; 8G-H) – grãos de pólen de tamanho médio a grande, isopolares e suboblotos (TABELA 1). Nos morfos brevistilos e longistilos os grãos de pólen apresentam âmbito subtriangular nos 3-colporados (100% em MBM2612 B, 80% em MBM334280 B e 100% em MBM378496 L) (FIGURAS 5J, M; 8G) e quadrangular nos grãos 4-colporados (20% em MBM334280) (FIGURA 5I), colpos longos e estreitos com extremidades afiladas com endoaberturas lalongadas com extremidades afiladas (FIGURA 5K). Foi verificado nesta espécie grãos de pólen com um orifício com forma lalongada, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa

(espessamento da nexina em torno do orifício) (FIGURA 6A; TABELA 2). Exina microreticulada a reticulada heterobrocada com lumens arredondados (FIGURA 8H). Sexina mais espessa que a nexina (FIGURAS 5L; 6D; TABELA 2). Nos espécimes brevistilos e longistilos foram encontrados grãos de pólen de tamanhos menores e deformados, com cerca de 1/3 do tamanho do grão de pólen normal, sendo que os morfos brevistilos possuem de 19% (MBM2612) a 22% (MBM334280) dos grãos de pólen menores e deformados enquanto que os espécimes longistilos apresentaram 14% (MBM378496).

Manettia paranensis (FIGURAS 6E-L; 8J) – grãos de pólen de tamanho médio a grande (TABELA 1), isopolares, oblato-esferoidais (MBM218585 B e MBM15952 L) a prolato-esferoidais (MBM255457 L). Nos morfos brevistilos e longistilos os grãos de pólen apresentam âmbito subtriangular nos 3-colporados (100% em MBM218585 B, 63% em MBM255457 L e 100% em MBM15952 L) (FIGURA 6E) e quadrangular nos grãos 4-colporados (37% em MBM255457 L) (FIGURA 6H), colpos longos (TABELA 2) e estreitos com extremidades afiladas, endoaberturas lalongadas e com extremidades afiladas, com constrição mediana somente em MBM255457 L (FIGURA 6I). Exina reticulada com muros entrelaçados, com espículos esparsos (FIGURA 8I). Sexina mais espessa que a nexina (FIGURA 6G, L; TABELA 2). Nos espécimes brevistilos e longistilos analisados foram encontrados grãos de pólen de tamanhos menores e deformados, com cerca de 1/3 do tamanho do grão de pólen normal, sendo que o espécime MBM218585 possui 25% dos grãos de pólen menores e deformados e, os espécimes longistilos possuem 21% em MBM15952 e 31% em MBM255457.

Borreria poaya (FIGURAS 1A-F; 7A-C) – grãos de pólen de tamanho médio nos morfos brevistilos e de médio a grande nos morfos longistilos (TABELA 1). Nos morfos brevistilos são isopolares, suboblato a oblato-esferoidais (TABELA 1), de âmbito subcircular, 8-zonocolporados (70% em MBM188484 e 0% em MBM191814) (FIGURA 1A), 9-zonocolporados (20% em MBM188484 e 40% em MBM191814) (FIGURA 1D) ou 10-zonocolporados (10% em MBM188484 e 60% em MBM191814). Nos morfos longistilos são isopolares, suboblato a oblato-esferoidais (TABELA 1), de âmbito subcircular, 8-zonocolporados (10% em MBM337551 e 0% em MBM381512), 9-zonocolporados (70% em MBM337551 e 90% em MBM381512), ou 10-zonocolporados (20% em MBM337551 e 10% em MBM381512). Os colpos nos dois morfos são curtos a muito curtos, estreitos com extremidades afiladas (FIGURA 1B, D; TABELA 2), endoabertura lalongada com extremidades afiladas (FIGURA 1B). Exina equinado-perfurada (FIGURA 1A-C). Sexina mais

espessa que a nexina (FIGURA 1C, F; TABELA 2). Nos espécimes brevistilos e longistilos analisados foram encontrados grãos de pólen de tamanhos menores e deformados, com cerca de 1/3 do tamanho do grão de pólen normal, sendo que morfos brevistilos possuem de 13% a 20% de grãos de pólen menores e deformados enquanto que os espécimes longistilos, 13% a 20%.

Emmeorrhiza umbellata (FIGURAS 2A-C; 8F-G) – grãos de pólen de tamanho médio a grande (TABELA 1). Os grãos de pólen são isopolares, suboblatos a oblato-esferoidais (TABELA 1), de âmbito subcircular, 6-zonocolporados (17% em EFC8389), 7-zonocolporados (33% em EFC8389), 8-zonocolporados (50% em EFC8389 e 43% MBM370657), 9-zonocolporados (80% em MBM384876 e 57% MBM370657) (FIGURA 2A) ou 10-zonocolporados (20% em MBM384876). Os colpos são curtos e longos, estreitos com extremidades afiladas (FIGURA 2B; TABELA 2), endoabertura lalongada com extremidades afiladas providas de costa (FIGURA 2B). Exina equinado-perfurada (FIGURA 7F-G). Sexina mais espessa que a nexina (FIGURA 2C; TABELA 2).

Galianthe chodatiana (FIGURAS 2D-I; 7H-L) – grãos de pólen de tamanho médio a grande (TABELA 1), isopolares. Nos morfos brevistilos os grãos de pólen são isopolares, de âmbito subcircular, 6-zonocolporados (40% em MBM 5171 e 45% em MBM6000), 7-zonocolporados (37% em MBM5171 e 55% em MBM60000) (FIGURA 2D), ou 8-zonocolporados (25% em MBM5171). Nos longistilos o âmbito é subcircular, 5-zonocolporados (20% em MBM154882), 6-zonocolporados (27% em MBM154882 e 15% em MBM84971), 7-zonocolporados (33% em MBM154882 e 40% em MBM84971) (FIGURA 7J), ou 8-zonocolporados (45% em MBM84971 e 20% em MBM 154882) (FIGURA 2G). São prolato-esferoidais nos morfos brevistilos (MBM 5171 e MBM6000) e oblato-esferoidais nos morfos longistilos (MBM154882 e MBM84971) (TABELA 1). Os colpos são curtos e estreitos nos morfos brevistilos e longos e estreitos nos morfos longistilos, com extremidades afiladas em ambos (FIGURA 2E, H; TABELA 2). Os grãos de pólen dos dois morfos possuem um orifício com forma oblonga, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa (FIGURA 2E). As endoaberturas endocinguladas se juntam em torno do grão de pólen na forma de um anel (FIGURA 2E). Exina microreticulada heterobrocada com espículos esparsos (FIGURA 7L), a espessura da sexina é o triplo da nexina (FIGURA 2F, I; TABELA 2).

Galianthe cymosa (FIGURAS 2J-L; 3A-F; 8A-C) – grãos de pólen tamanho médio a grande (TABELA 1), isopolares. No morfo brevistilo os grãos de pólen são isopolares, de âmbito subcircular, 8-zonocolporados (FIGURA 2J), e nos morfos longistilos são isopolares, de âmbito subcircular, 6-zonocolporados (70% em MBM370256), 7-zonocolporados (30% em MBM370256, 40% em MBM333774 e 60% em MBM372115), 8-zonocolporados (40% em MBM372115 e 60% em MBM333774) (FIGURA 3D), oblato-esferoidais a prolato-esferoidais (TABELA 1). Os colpos são curtos a longos, estreitos com extremidades afiladas em ambos os morfos (FIGURAS 2K, 3E; TABELA 2). Os grãos de possuem um orifício com forma oblonga, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa. As endoaberturas endocinguladas se juntam em torno do grão de pólen na forma de um anel (FIGURA 2L). Exina microreticulada heterobrocada com espículos esparsos que se aglomeram em torno da região das aberturas (FIGURA 8B-C), sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 3C, F; TABELA 2).

Galianthe verbenoides (FIGURA 3G-L) – grãos de pólen tamanho médio a grande (TABELA 1), isopolares. No morfo brevistilo os grãos de pólen são isopolares, de âmbito subcircular, 7-zonocolporados (40% em MBM61593 e 80% em MBM222986) (FIGURA 3G) e 8-zonocolporados (20% em MBM222986 e 60% em MBM61593), e nos morfos longistilos são isopolares, de âmbito subcircular, 6-zonocolporados (10% em MBM119439), 7-zonocolporados (60% em MBM119439), 8-zonocolporados (30% em MBM119439 e 60% em MBM378347) ou 9-zonocolporados (40% em MBM378347), oblato-esferoidais a prolato-esferoidais (TABELA 1). Os colpos são curtos e estreitos com extremidades afiladas em ambos os morfos (FIGURA 3H, J; TABELA 2). Os grãos de possuem um orifício com forma oblonga, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa. As endoaberturas endocinguladas se juntam em torno do grão de pólen na forma de um anel (FIGURA 3J). Exina microreticulada heterobrocada com espículos esparsos (FIGURA 3K-L), sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 3I; TABELA 2).

Hexasepalum radula (FIGURA 4A-F) – grãos de pólen tamanho médio a grande (TABELA 1). Os grãos de pólen são isopolares, de âmbito subcircular, 7-zonocolporados (10% em MBM66463), 8-zonocolporados (40% em MBM66463), 9-zonocolporados (30% em MBM66463), 10-zonocolporados (10% em MBM66463 e 30% MBM320784), 11-zonocolporados (10% em MBM66463 e 60% MBM320784) ou 12-zonocolporados (10% em MBM320784), suboblato (TABELA 1), com colpos curtos e longos com extremidades afiladas

(FIGURA 4B; TABELA 2). As endoaberturas endocinguladas se juntam em torno do grão de pólen na forma de um anel (FIGURA 4C), e providas de costa. Exina equinado-perfurada (FIGURA 4B, D-E), a espessura da sexina é o dobro da nexina (FIGURA 4F; TABELA 2).

TABELA 1 - MEDIDAS (μm) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALLANTHE*, *HEXASEPALUM E MANETTIA* (RUBIACEAE) (N = 25).

Táxons	Eixo Polar		Eixo Equatorial		Tamanho	P/E	Forma	
	variação		variação					IC 95%
	Faixa de	x \pm sx	Faixa de	x \pm sx				
<i>Borreria poaya</i> MBM188484 B	38,0-41,7	38,8 \pm 0,3	38,2-39,5	43,3-48,3	45,0 \pm 0,3	44,3-45,7	0,86	suboblato
<i>B. poaya</i> MBM191814 B	34,8-43,9	40,9 \pm 0,5	39,0-41,0	44,0-49,2	47,6 \pm 0,4	46,7-48,5	0,83	suboblato
<i>B. poaya</i> MBM377551 L	39,8-48,4	42,1 \pm 0,6	41,0-43,3	46,8-79,6	51,7 \pm 1,7	48,1-55,2	0,81	suboblato
<i>B. poaya</i> MBM381512 L	44,0-50,7	48,2 \pm 0,4	47,4-48,9	52,0-56,8	53,8 \pm 0,3	53,1-54,4	0,89	oblato-esferoidal
<i>B. verticillata</i> MBM51725 B	25,7-31,5	29,4 \pm 0,4	28,5-30,2	28,6-34,9	31,8 \pm 0,4	31,0-32,6	0,92	oblato-esferoidal
<i>B. verticillata</i> MBM289272 B	25,2-27,5	26,1 \pm 0,8	25,8-26,5	29,0-30,9	29,8 \pm 0,2	29,4-30,1	0,87	suboblato
<i>B. verticillata</i> MBM357954 L	20,7-24,4	21,6 \pm 0,2	21,1-22,1	23,3-27,3	24,5 \pm 0,2	24,0-25,0	0,88	oblato-esferoidal
<i>B. verticillata</i> MBM105078 L	22,9-29,6	26,6 \pm 0,4	25,9-27,3	27,1-32,8	30,3 \pm 0,3	29,6-30,9	0,87	suboblato
<i>Emmeorhiza umbellata</i> EFC8389	44,8-50,0	48,6 \pm 0,4	47,8-49,3	45,2-51,3	48,9 \pm 0,3	48,2-49,5	0,99	oblato-esferoidal
<i>E. umbellata</i> MBM370657	26,3-29,7	27,8 \pm 0,3	27,4-28,3	42,5-50,0	46,0 \pm 0,4	45,2-46,9	0,70	oblato
<i>E. umbellata</i> MBM384876	27,9-31,8	30,4 \pm 0,2	29,9-30,8	44,7-52,7	49,7 \pm 0,4	48,9-50,0	0,61	oblato
<i>Gallianthe chodatiana</i> MBM5171 B	42,0-54,7	50,5 \pm 0,6	49,3-51,6	44,3-55,0	49,9 \pm 0,6	48,8-51,1	1,01	prolato-esferoidal
<i>G. chodatiana</i> MBM60000 B	48,0-60,4	54,0 \pm 0,5	53,0-55,0	47,1-60,4	53,6 \pm 0,6	52,8-55,0	1,00	prolato-esferoidal
<i>G. chodatiana</i> MBM84971 L	42,1-51,0	46,5 \pm 0,5	45,4-47,5	45,6-53,7	46,7 \pm 0,8	45,1-48,4	0,99	oblato-esferoidal
<i>G. chodatiana</i> MBM154882 L	43,8-51,2	47,4 \pm 0,5	46,5-48,4	46,1-50,7	48,1 \pm 0,3	47,4-48,8	0,98	oblato-esferoidal
<i>G. cymosa</i> MBM309101 B	35,1-39,5	37,5 \pm 0,3	36,9-38,1	34,3-41,2	38,3 \pm 0,3	37,7-38,9	0,97	oblato-esferoidal
<i>G. cymosa</i> MBM333774 L	57,4-77,3	68,7 \pm 1,0	66,7-70,7	46,2-74,0	66,7 \pm 1,3	64,1-69,3	1,02	prolato-esferoidal
<i>G. cymosa</i> MBM370256 L	37,2-45,4	41,9 \pm 0,4	41,0-42,8	40,0-47,3	44,6 \pm 0,4	43,9-45,4	0,93	oblato-esferoidal
<i>G. cymosa</i> MBM372115 L	40,0-49,0	43,8 \pm 0,5	42,8-44,7	43,9-51,4	47,2 \pm 0,4	46,4-48,0	0,92	oblato-esferoidal
<i>G. verbenoides</i> MBM61593 B	48,2-57,5	53,6 \pm 0,5	52,6-54,6	42,4-53,3	48,2 \pm 0,6	47,0-49,4	1,11	prolato-esferoidal
<i>G. verbenoides</i> MBM222986 B	44,1-47,6	45,3 \pm 0,3	44,8-45,8	42,7-50,0	46,9 \pm 0,4	46,0-47,7	0,96	oblato-esferoidal
<i>G. verbenoides</i> MBM119439 L	40,9-49,0	45,1 \pm 0,5	44,2-46,1	36,0-50,9	46,0 \pm 0,7	44,7-47,4	0,98	oblato-esferoidal
<i>G. verbenoides</i> MBM378347 L	41,7-47,7	44,8 \pm 0,3	44,2-45,4	41,0-47,8	44,4 \pm 0,3	43,8-45,1	1,00	prolato-esferoidal
<i>Hexasepalum radula</i> MBM66463	48,2-68,1	58,4 \pm 0,8	56,8-59,9	62,5-72,2	67,5 \pm 0,5	66,4-68,7	0,86	suboblato
<i>H. radula</i> MBM320784	47,5-66,2	51,7 \pm 0,7	50,3-53,1	57,2-65,0	60,6 \pm 0,4	59,7-61,5	0,85	suboblato
<i>Manettia cordifolia</i> MBM51678 B	51,5-60,0	56,9 \pm 0,5	55,8-57,9	44,8-57,6	52,6 \pm 0,6	51,3-53,9	1,03	prolato-esferoidal
<i>M. cordifolia</i> MBM102180 B	45,0-56,5	51,2 \pm 0,5	50,2-52,3	45,0-54,8	49,9 \pm 0,4	49,0-50,8	1,02	prolato-esferoidal
<i>M. cordifolia</i> MBM306920 L	37,7-45,0	41,5 \pm 0,4	40,7-42,2	39,0-47,5	43,2 \pm 0,4	42,3-44,1	0,96	oblato-esferoidal

<i>M. cordifolia</i> MBM398011 L	43,9-51,0	47,7±0,3	47,1-48,3	43,0-48,4	45,6±0,3	45,0-46,2	médio/grande	1,04	prolato-esferoidal
<i>M. gracilis</i> MBM390395 B	44,4-53,8	52,5±0,7	51,1-53,9	35,4-50,9	43,9±0,6	42,7-45,2	médio	1,19	subprolato
<i>M. gracilis</i> MBM395356 B	37,1-42,8	40,5±0,4	39,7-41,2	33,3-38,2	35,6±0,2	35,1-36,1	médio	1,13	prolato-esferoidal
<i>M. gracilis</i> MBM389739 L	33,1-38,7	37,1±0,3	36,4-37,8	33,1-38,8	35,7±0,3	35,1-36,4	médio	1,03	prolato-esferoidal
<i>M. gracilis</i> MBM390418 L	39,3-48,5	43,8±0,7	42,4-45,2	33,9-38,4	36,0±0,3	35,4-36,6	médio	1,21	subprolato
<i>M. paraguariensis</i> MBM2612 B	33,3-43,5	39,6±0,4	38,7-40,5	43,5-52,2	49,1±0,4	48,2-50,0	médio/grande	0,80	suboblato
<i>M. paraguariensis</i> MBM334280 B	31,9-38,4	35,0±0,4	34,2-35,7	40,5-48,3	45,1±0,4	44,3-45,8	médio	0,77	suboblato
<i>M. paraguariensis</i> MBM378496 L	29,5-35,8	35,0±0,4	34,1-35,9	39,3-46,8	42,7±0,4	41,8-43,5	médio	0,81	suboblato
<i>M. paranensis</i> MBM218585 B	44,4-54,4	50,0±0,6	48,8-51,2	46,1-58,3	50,3±0,5	49,2-51,4	médio/grande	0,99	oblato-esferoidal
<i>M. paranensis</i> MBM15952 L	48,2-54,0	53,1±0,6	51,9-54,4	51,6-58,7	55,2±0,4	54,4-56,0	médio/grande	0,96	oblato-esferoidal
<i>M. paranensis</i> MBM255457 L	49,1-60,8	56,4±0,8	54,8-58,0	50,8-60,6	54,7±0,6	53,5-56,0	médio/grande	1,03	prolato-esferoidal

FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: longistilo (L), brevistilo (B), média aritmética (\bar{x}), desvio padrão da média (sx), intervalo de confiança A 95% (IC), (P/E) forma definida com base na razão do comprimento do eixo polar (P) e eixo equatorial (E).

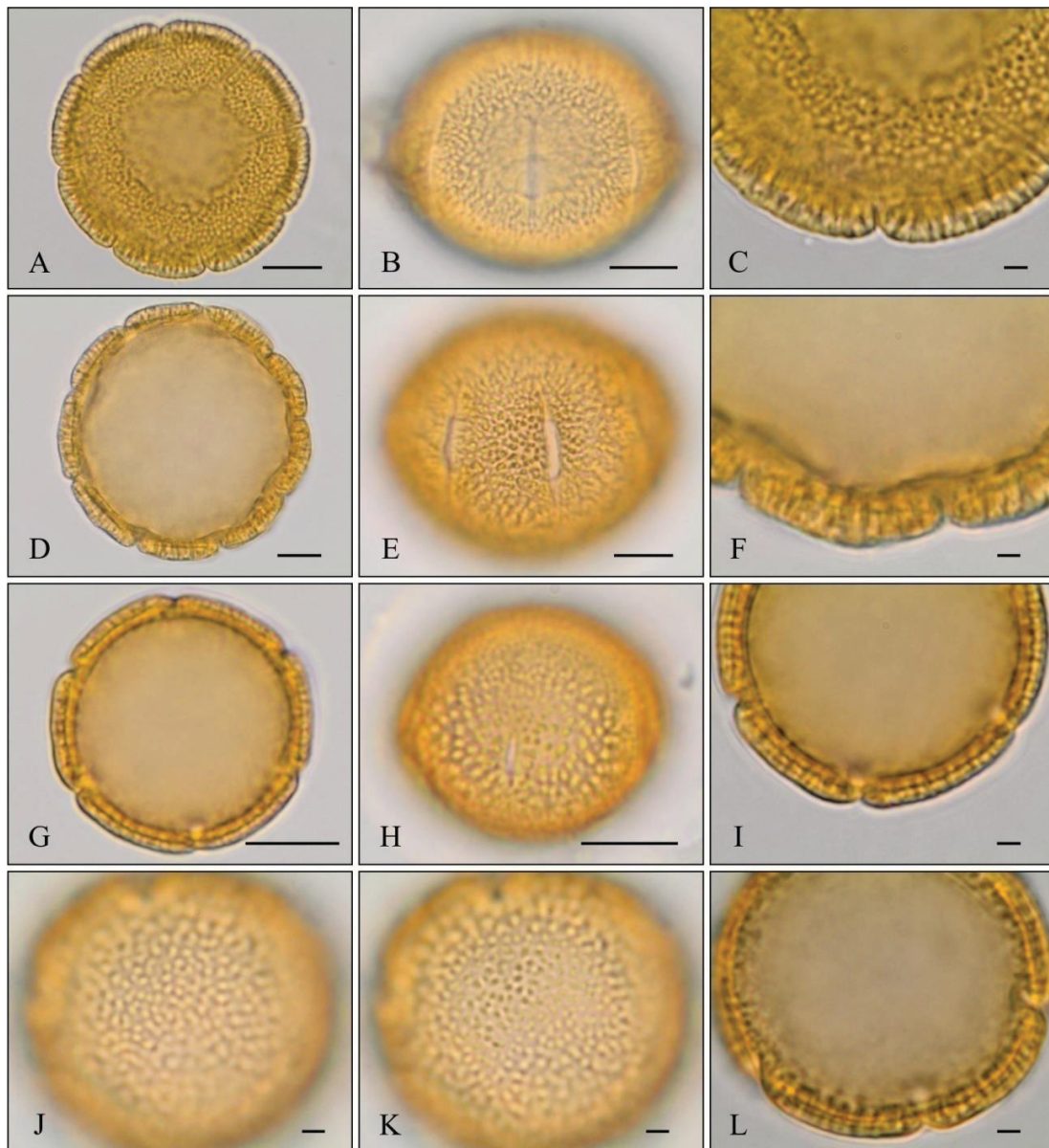
TABELA 2 - MEDIDAS (μm) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*, *HEXASEPALUME MANETTIA* EM VISTA EQUATORIAL (N = 10).

Espécies	Colpo		Endoabertura		Costa		Orifício		Camadas da exina			Área polar	
	Comp.	Larg.	Comp.	Larg.	Comp.	Larg.	Comp.	Larg.	Sexina	Nexina	IAP	Classes de comp. do colpo	
												Comp.	Larg.
<i>Borreria poaya</i> MBM188484 B	17,70	1,51	10,72	5,50	-	-	-	-	1,87	1,51	0,68	colpo curto	colpo curto
<i>B. poaya</i> MBM191814 B	35,35	1,96	18,73	9,30	-	-	-	-	2,50	1,60	0,72	colpo curto	colpo curto
<i>B. poaya</i> MBM377551 L	18,10	2,25	11,18	5,83	-	-	-	-	2,84	1,55	0,69	colpo curto	colpo curto
<i>B. poaya</i> MBM381512 L	24,26	2,25	11,75	8,10	-	-	-	-	2,89	1,65	0,78	colpo muito curto	colpo muito curto
<i>B. verticillata</i> MBM51725 B	6,34	1,94	-	-	-	-	-	-	1,19	0,54	0,74	colpo curto	colpo curto
<i>B. verticillata</i> MBM289272 B	5,85	1,03	-	-	-	-	-	-	1,22	0,47	0,80	colpo muito curto	colpo muito curto
<i>B. verticillata</i> MBM357954 L	4,66	1,22	-	-	-	-	-	-	1,11	0,39	0,71	colpo curto	colpo curto
<i>B. verticillata</i> MBM105078 L	6,87	1,01	-	-	-	-	-	-	1,11	0,59	0,76	colpo muito curto	colpo muito curto
<i>Emmeorhiza umbellata</i> EFC8389	34,77	2,06	24,37	3,92	2,34	2,34	-	-	2,13	0,80	0,54	colpo curto	colpo curto
<i>E. umbellata</i> MBM370657	20,45	1,56	9,01	3,00	0,97	0,97	-	-	1,42	0,71	0,36	colpo longo	colpo longo
<i>E. umbellata</i> MBM384876	21,76	1,52	9,04	3,20	1,18	1,18	-	-	1,52	0,74	0,48	colpo longo	colpo longo
<i>Galianthe chodatiana</i> MBM5171 B	29,20	3,50	21,24	13,90	1,85	1,85	-	-	2,60	0,66	0,57	colpo curto	colpo curto
<i>G. chodatiana</i> MBM60000 B	32,69	3,50	21,94	13,90	3,22	3,22	-	-	2,67	0,61	0,58	colpo curto	colpo curto
<i>G. chodatiana</i> MBM84971 L	24,81	2,90	15,34	8,77	1,14	1,14	-	-	2,30	0,64	0,46	colpo longo	colpo longo
<i>G. chodatiana</i> MBM154882 L	26,40	2,53	16,80	9,25	1,81	1,81	-	-	2,44	0,48	0,48	colpo longo	colpo longo
<i>G. cymosa</i> MBM309101 B	22,47	1,39	14,38	7,54	1,45	1,45	-	-	2,19	0,60	0,64	colpo curto	colpo curto
<i>G. cymosa</i> MBM333774 L	18,81	1,60	11,70	5,95	1,08	1,08	-	-	1,51	1,50	0,58	colpo curto	colpo curto
<i>G. cymosa</i> MBM370256 L	26,86	2,38	17,25	8,66	1,76	1,76	-	-	2,48	1,61	0,41	colpo longo	colpo longo
<i>G. cymosa</i> MBM372115 L	24,89	2,94	19,99	10,08	1,54	1,54	-	-	2,15	1,60	0,58	colpo curto	colpo curto
<i>G. verbenoides</i> MBM61593 B	32,69	1,80	19,81	9,65	1,45	1,45	-	-	1,70	1,48	0,55	colpo curto	colpo curto
<i>G. verbenoides</i> MBM222986 B	24,70	2,52	18,99	9,51	1,64	1,64	-	-	2,11	1,60	0,63	colpo curto	colpo curto
<i>G. verbenoides</i> MBM119439 L	28,69	2,80	16,38	9,71	1,26	1,26	-	-	2,28	1,47	0,53	colpo curto	colpo curto
<i>G. verbenoides</i> MBM378347 L	24,90	2,36	15,28	9,51	1,39	1,39	-	-	2,13	1,73	0,62	colpo curto	colpo curto
<i>Hexasepalum radula</i> MBM66463	17,61	5,97	8,43	-	1,31	1,31	-	-	1,84	0,95	0,80	colpo muito curto	colpo muito curto

<i>H. radula</i> MBM320784	16,17	2,55	7,77	8,48	1,35	-	-	2,00	0,78	0,74	colpo muito curto
<i>Manettia cordifolia</i> MBM51678 B	41,08	3,83	28,20	6,49	-	-	-	1,71	0,52	0,52	colpo curto
<i>M. cordifolia</i> MBM102180 B	36,38	2,86	28,89	5,63	-	-	-	1,43	0,60	0,45	colpo longo
<i>M. cordifolia</i> MBM306920 L	30,90	2,67	25,55	6,52	-	-	-	1,17	0,53	0,34	colpo longo
<i>M. cordifolia</i> MBM398011 L	35,44	2,47	29,25	4,71	-	-	-	1,30	0,57	0,36	colpo longo
<i>M. gracilis</i> MBM390395 B	34,90	1,35	27,41	7,92	-	-	-	2,40	1,08	0,52	colpo curto
<i>M. gracilis</i> MBM395356 B	29,15	1,73	22,64	6,19	-	-	-	2,36	0,89	0,19	colpo muito longo
<i>M. gracilis</i> MBM389739 L	27,25	1,35	23,75	3,69	-	-	-	1,13	0,54	0,31	colpo longo
<i>M. gracilis</i> MBM390418 L	28,73	1,24	25,51	7,55	-	-	-	0,96	0,44	0,35	colpo curto
<i>M. paraguariensis</i> MBM2612 B	19,02	5,43	28,33	5,43	1,74	11,00	7,27	0,83	0,53	0,49	colpo longo
<i>M. paraguariensis</i> MBM334280 B	42,95	5,18	27,03	13,79	2,07	12,60	4,03	1,05	0,62	0,49	colpo longo
<i>M. paraguariensis</i> MBM378496 L	30,27	4,56	27,34	11,24	1,74	27,69	4,34	0,94	0,55	0,50	colpo longo
<i>M. paranensis</i> MBM218585 B	32,17	6,32	29,56	7,66	-	-	-	2,26	0,78	0,29	colpo longo
<i>M. paranensis</i> MBM15952 L	41,43	6,31	30,79	8,38	-	-	-	1,16	0,53	0,36	colpo longo
<i>M. paranensis</i> MBM255457 L	33,85	3,48	32,08	5,92	-	-	-	1,37	0,64	0,27	colpo longo

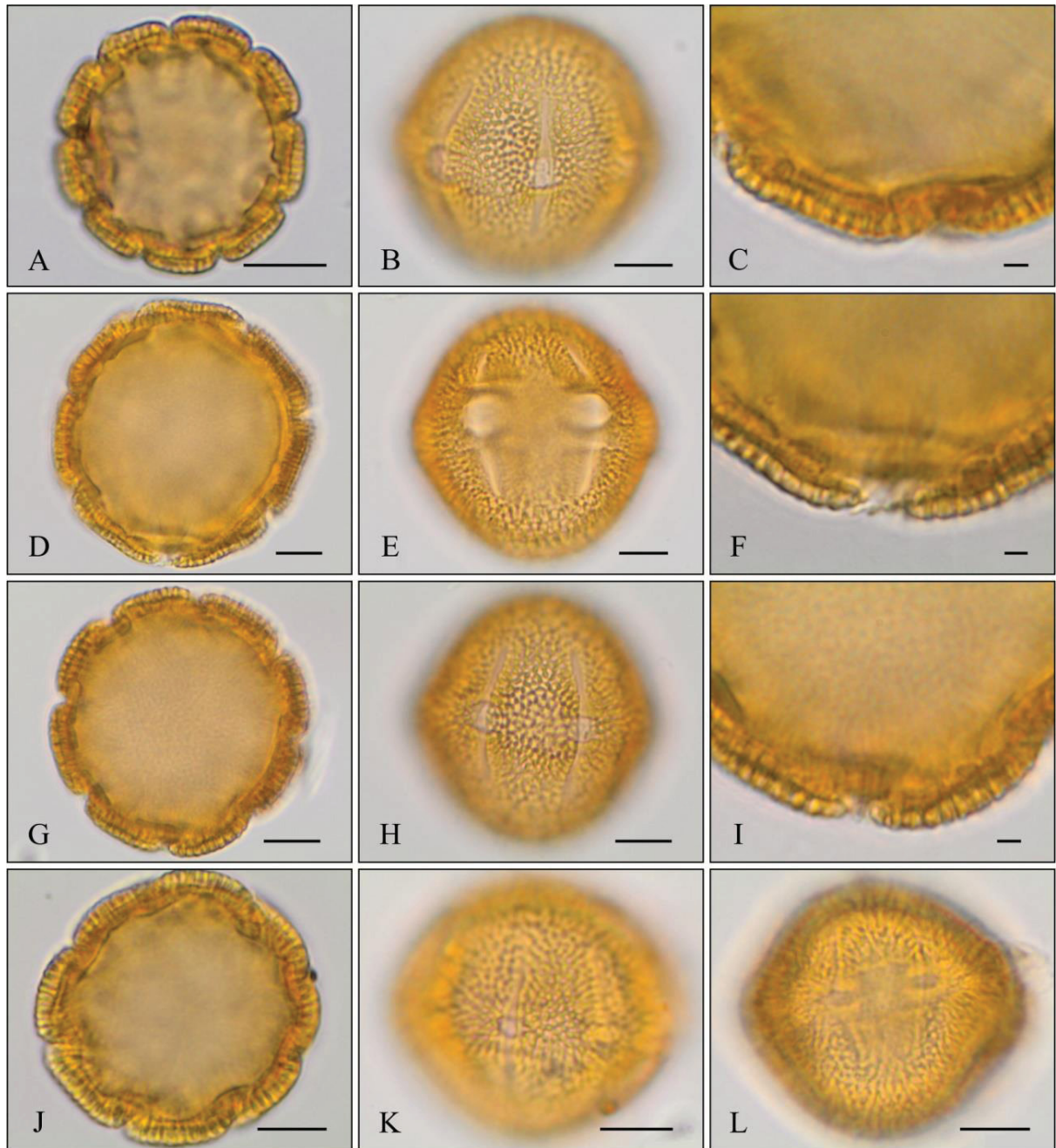
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: longistilo (L), brevistilo (B), comprimento (COMP.), largura (LARG.), índice do apocolpo ou índice da área polar (IAP), é a razão entre a distância entre o ápice de dois colpos do grão de pólen zonocolpado ao seu eixo equatorial.

FIGURA 1 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*.

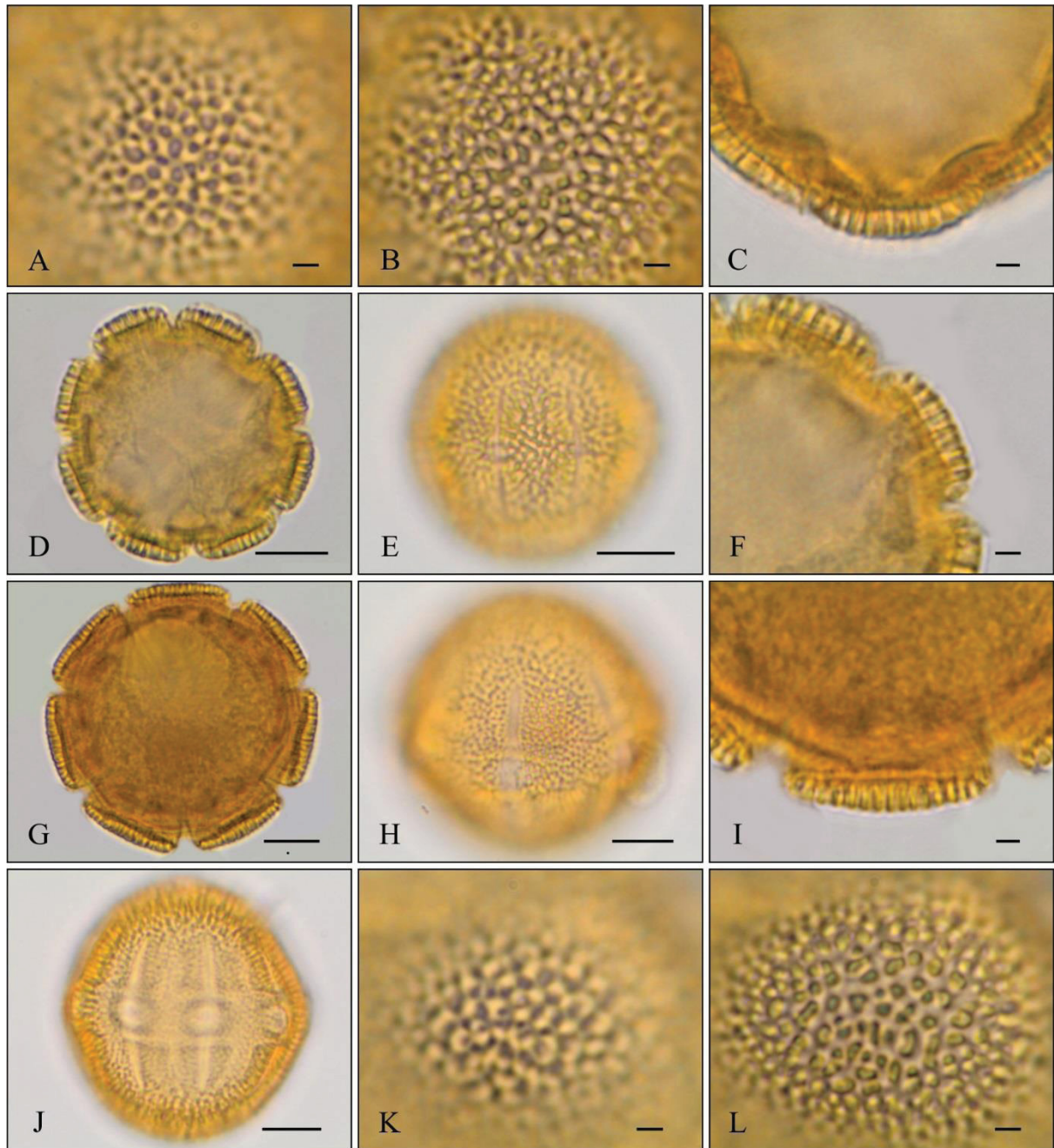
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-F. *Borreria poaya* – morfo brevistilo. A. Aspecto geral do grão de pólen 8-colporado (MBM188484). B. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM188484). C. Detalhe corte óptico (MBM188484). – morfo longistilo. D. Aspecto geral do grão de pólen 9-colporado (MBM381512). E. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM381512). F. Detalhe corte óptico (MBM381512). G-L. *Borreria verticillata* – morfo brevistilo. G. Aspecto geral do grão de pólen 6-zonocolpado (MBM289272). H. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM289272). I. Detalhe corte óptico (MBM289272). – morfo longistilo. J. Análise L.O. 1 na área central (MBM105078). K. Análise L.O. 2 na área central (MBM105078). L. Detalhe corte óptico (MBM105078). Barras de escala –10 μm (A, B, D, E, G, H), 2 μm (C, F, I, J, K, L).

FIGURA 2 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*.

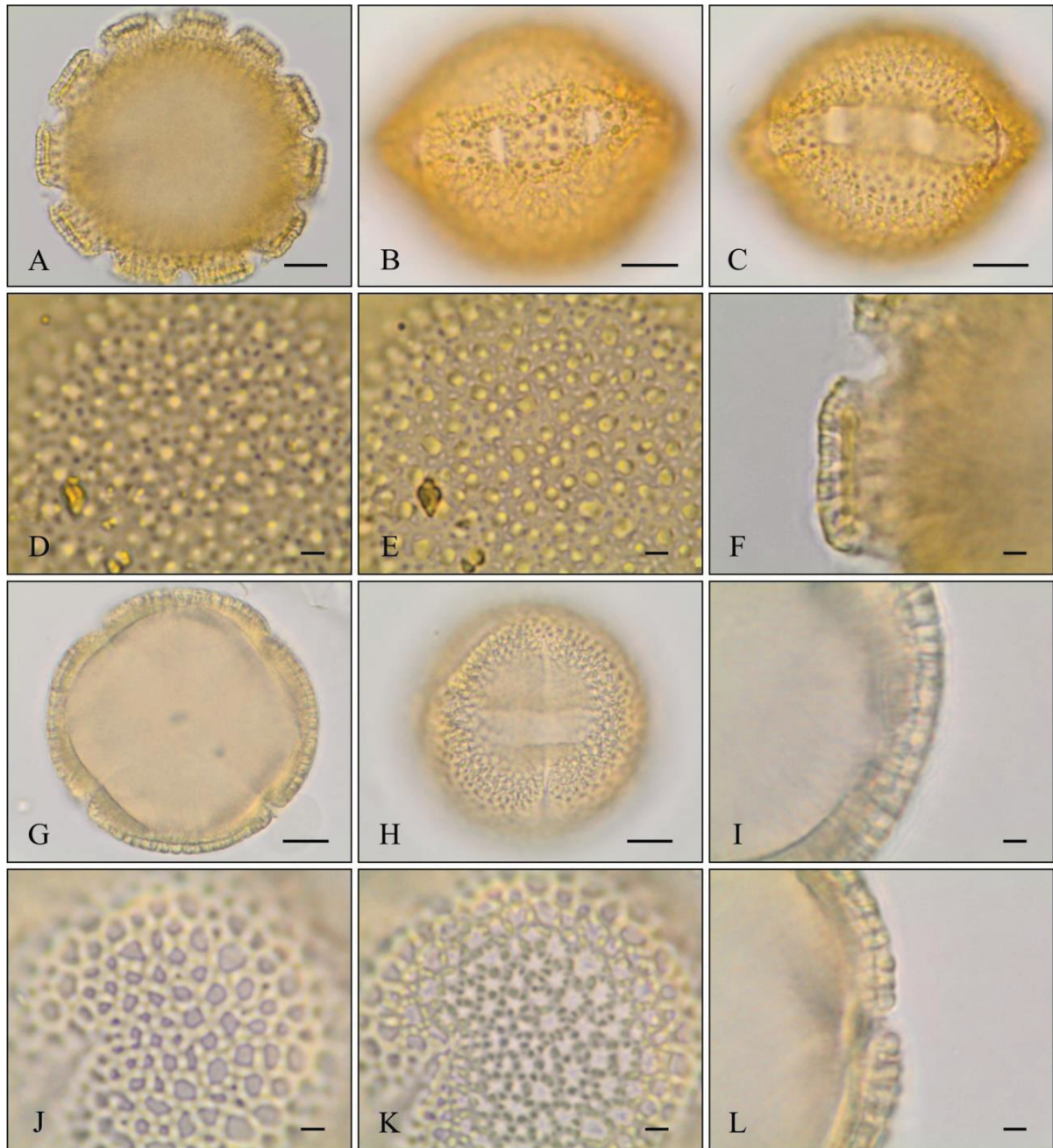
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-C. *Emmeorhiza umbellata*. A. Aspecto geral do grão de pólen 8-zonocolporado (MBM370657). B. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (EFC8389). C. Detalhe corte óptico (EFC8389). D-I. *Galianthe chodatiana* – morfo brevistilo. D. Aspecto geral do grão de pólen 7-zonocolporado (MBM60000). E. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM60000). F. Detalhe corte óptico (MBM60000). – morfo longistilo. G. Aspecto geral do grão de pólen 8-colporado (MBM154882). H. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM154882). I. Detalhe corte óptico (MBM154882). J-L. *Galianthe cymosa*. J. Aspecto geral do grão de pólen 8-colporado (MBM309101). K. Vista equatorial, evidenciando colpo e endoabertura (MBM309101). L. Vista equatorial, evidenciando a costa (MBM309101). Barras de escala –10 μm (A, B, D, E, G, H, J, K, L), 2 μm (C, F, I).

FIGURA 3 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *GALIANTHE*.

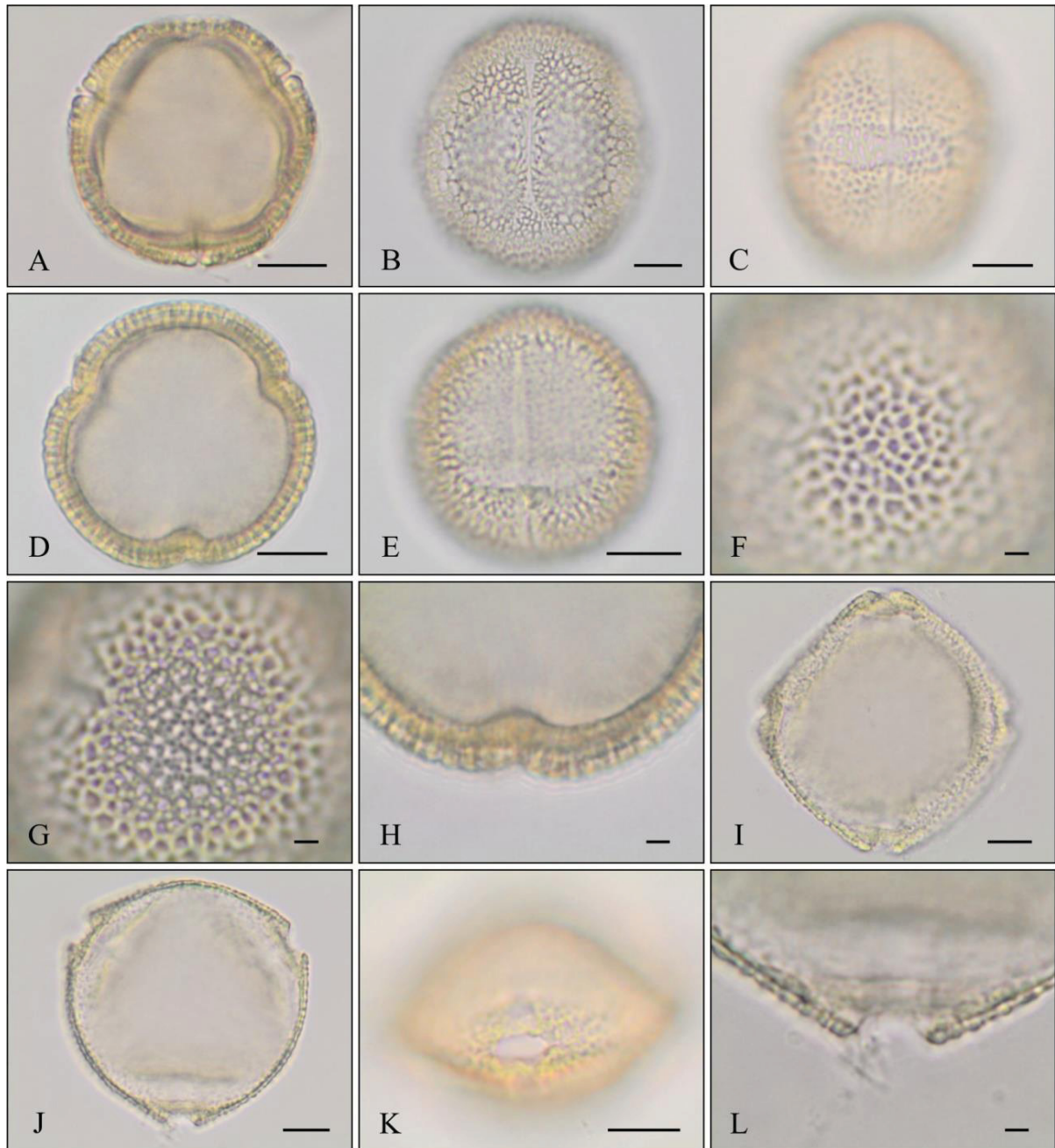
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-C. *Galianthe cymosa* – morfo brevistilo. A. Análise L.O. 1 na área central (MBM309101). B. Análise L.O. 2 na área central (MBM309101). C. Detalhe corte óptico (MBM309101). D-F. – morfo longistilo. D. Aspecto geral do grão de pólen 8-zonocolporado (MBM333774). E. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM333774). F. Detalhe corte óptico (MBM333774). G-L. *Galianthe verbenoides* – morfo brevistilo. G. Aspecto geral do grão de pólen 7-colporado (MBM222986). H. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM222986). I. Detalhe corte óptico (MBM222986). J-L. – morfo longistilo. J. Vista equatorial, evidenciando aberturas e costa (MBM378347). K. Análise L.O. 1 na área central (MBM378347). L. Análise L.O. 2 na área central (MBM378347). Barras de escala – 10 µm (D, E, G, H, J), 2 µm (A, B, C, F, I, K, L).

FIGURA 4 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *HEXASEPALUM* E *MANETTIA*.

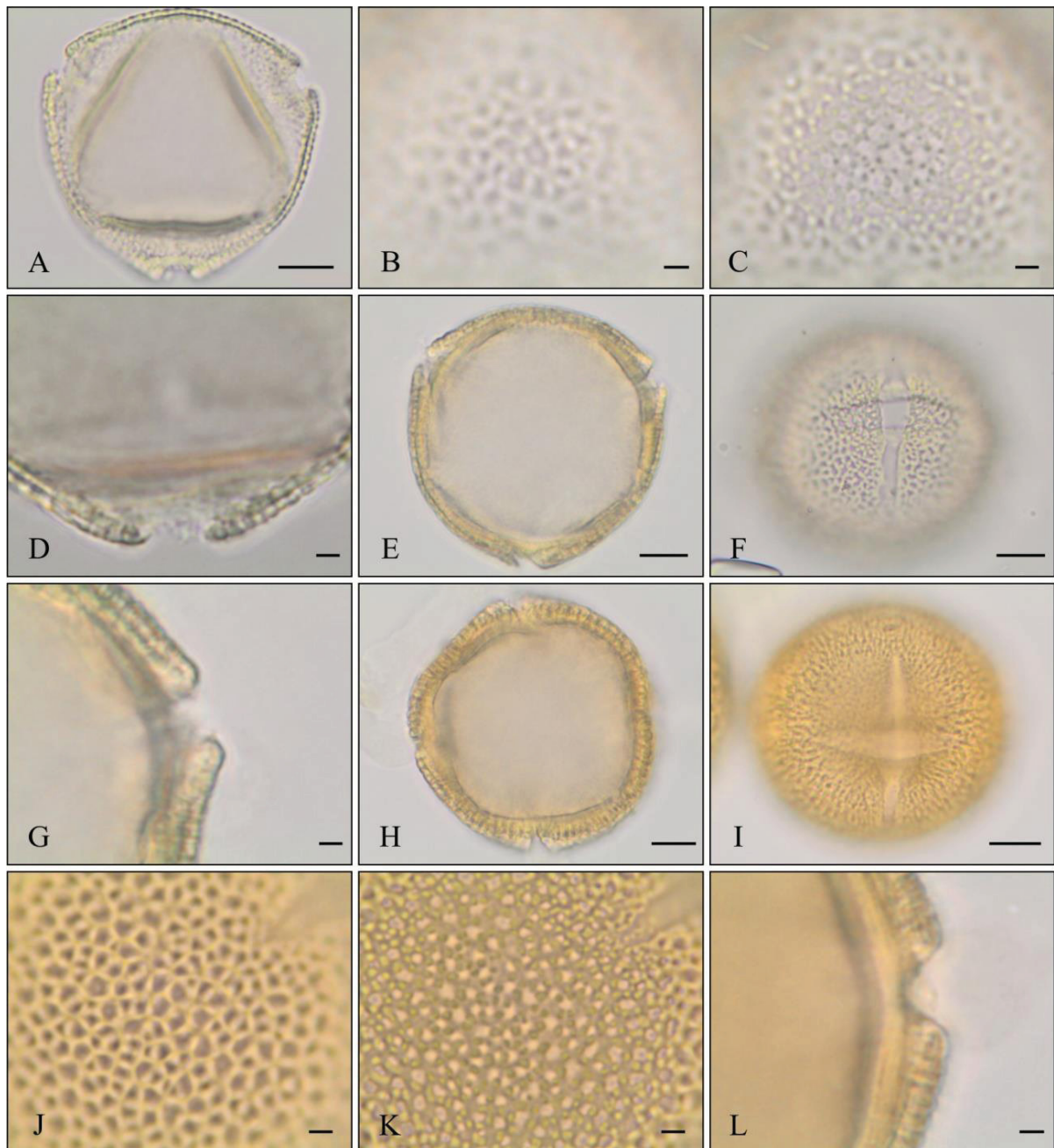
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-F. *Hexasepalum radula* – morfo brevistilo. A. Aspecto geral do grão de pólen 11-colporado (MBM320748). B. Vista equatorial, evidenciando colpo (MBM320748). C. Vista equatorial, evidenciando endoaberturas endossinguladas (MBM320748). D. Análise L.O. 1 na área central (MBM320748). E. Análise L.O. 2 na área central (MBM320748). F. Detalhe corte óptico (MBM320748). G-L. *Manettia cordifolia* – morfo brevistilo. G. Aspecto geral do grão de pólen 4-colporado (MBM102180). H. Vista equatorial, evidenciando colpo e endoabertura (MBM102180). I. Detalhe corte óptico (MBM102180). J-L. – morfo longistilo. J. Análise L.O. 1 na área central (MBM398011). K. Análise L.O. 2 na área central (MBM398011). L. Detalhe corte óptico (MBM398011). Barras de escala – 10 µm (A, B, C, G, H), 2 µm (D, E, F, I, J, K, L).

FIGURA 5 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *MANETTIA*.

FONTE: O autor (2018).

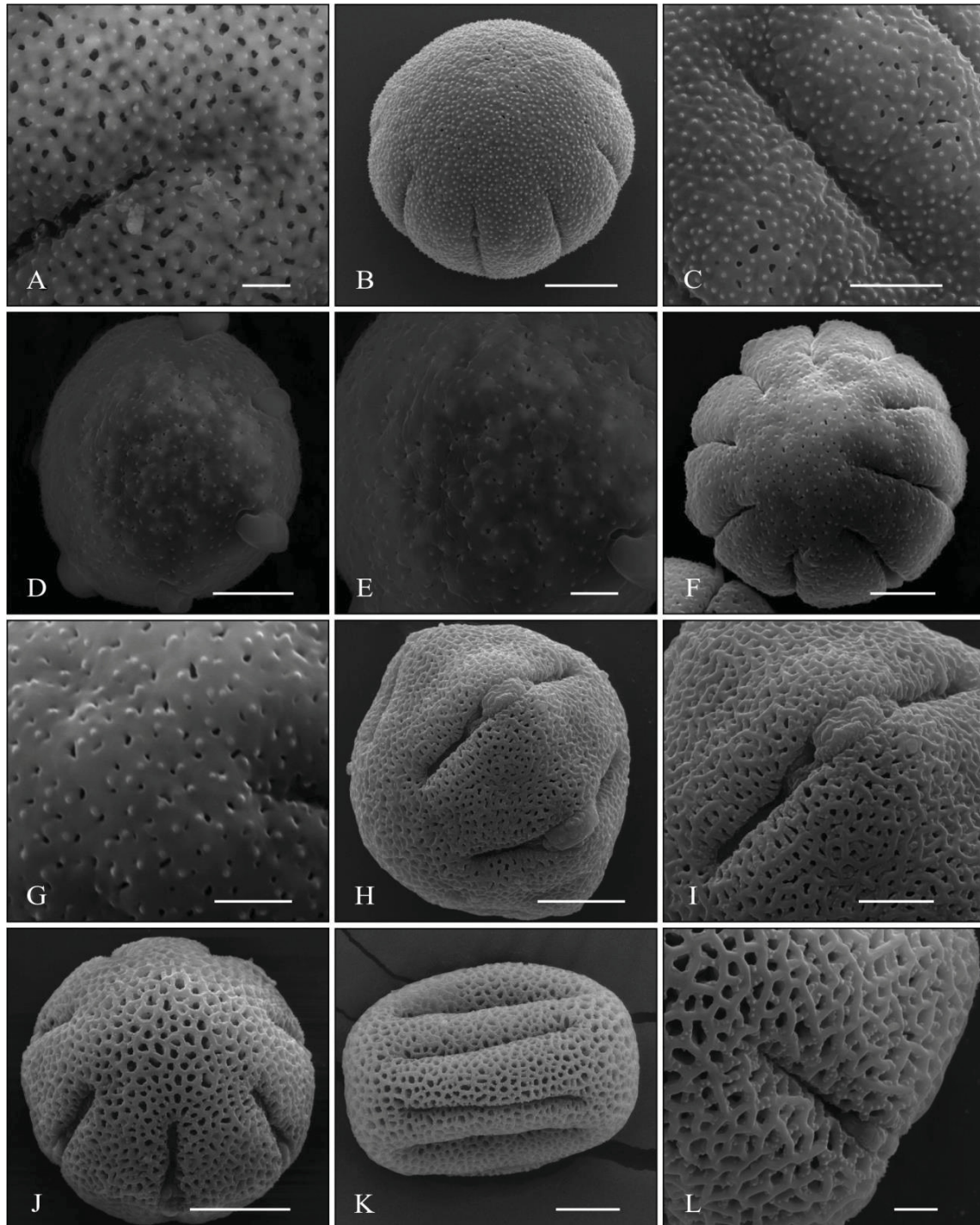
LEGENDA: A-H. *Manettia gracilis* – morfo brevistilo. A. Vista polar, grãos de pólen 4-colporado (MBM390395). B. Vista equatorial, evidenciando colporo (MBM395356). C. Vista equatorial, evidenciando a endoabertura (MBM390395). – morfo longistilo. D. Aspecto geral do grão de pólen 3-colporado (MBM389739). E. Vista equatorial, evidenciando colporo e endoabertura (MBM389739). F. Análise L.O. 1 na área central (MBM389739). G. Análise L.O. 2 na área central (MBM389739). H. Detalhe corte óptico (MBM389739). I-L. *Manettia paraguariensis*. – morfo brevistilo. I. Vista polar, grãos de pólen 4-colporado (MBM334280). J. Vista polar, grãos de pólen 3-colporado (MBM334280). K. Vista equatorial, evidenciando colpo (MBM320748). L. Detalhe corte óptico (MBM320748). Barras de escala – 10 μm (A, B, C, D, E, I, J, K), 2 μm (D, E, F, G, H, L).

FIGURA 6 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *MANETTIA*.

FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-D. *Manettia paraguariensis* – morfo brevistilo. A. Vista equatorial evidenciando a abertura e costa, grão de pólen 3-colporado (MBM2612). – morfo longistilo. B. Análise L.O. 1 na área central (MBM378496). C. Análise L.O. 2 na área central (MBM378496). D. Detalhe corte óptico (MBM378496). E-L. *Manettia paranensis* – morfo brevistilo. E. Vista polar, grãos de pólen 3-colporado (MBM212885). F. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM212885). G. Detalhe corte óptico (MBM212885). H-L. – morfo longistilo. H. Vista polar, grãos de pólen 3-colporado (MBM255457). I. Vista equatorial, evidenciando colpo (MBM255457). J. Análise L.O. 1 na área central (MBM15952). K. Análise L.O. 2 na área central (MBM15952). L. Detalhe corte óptico (MBM15952). Barras de escala – 10 μm (A, E, F, H, I), 2 μm (B, C, D, G, J, K, L).

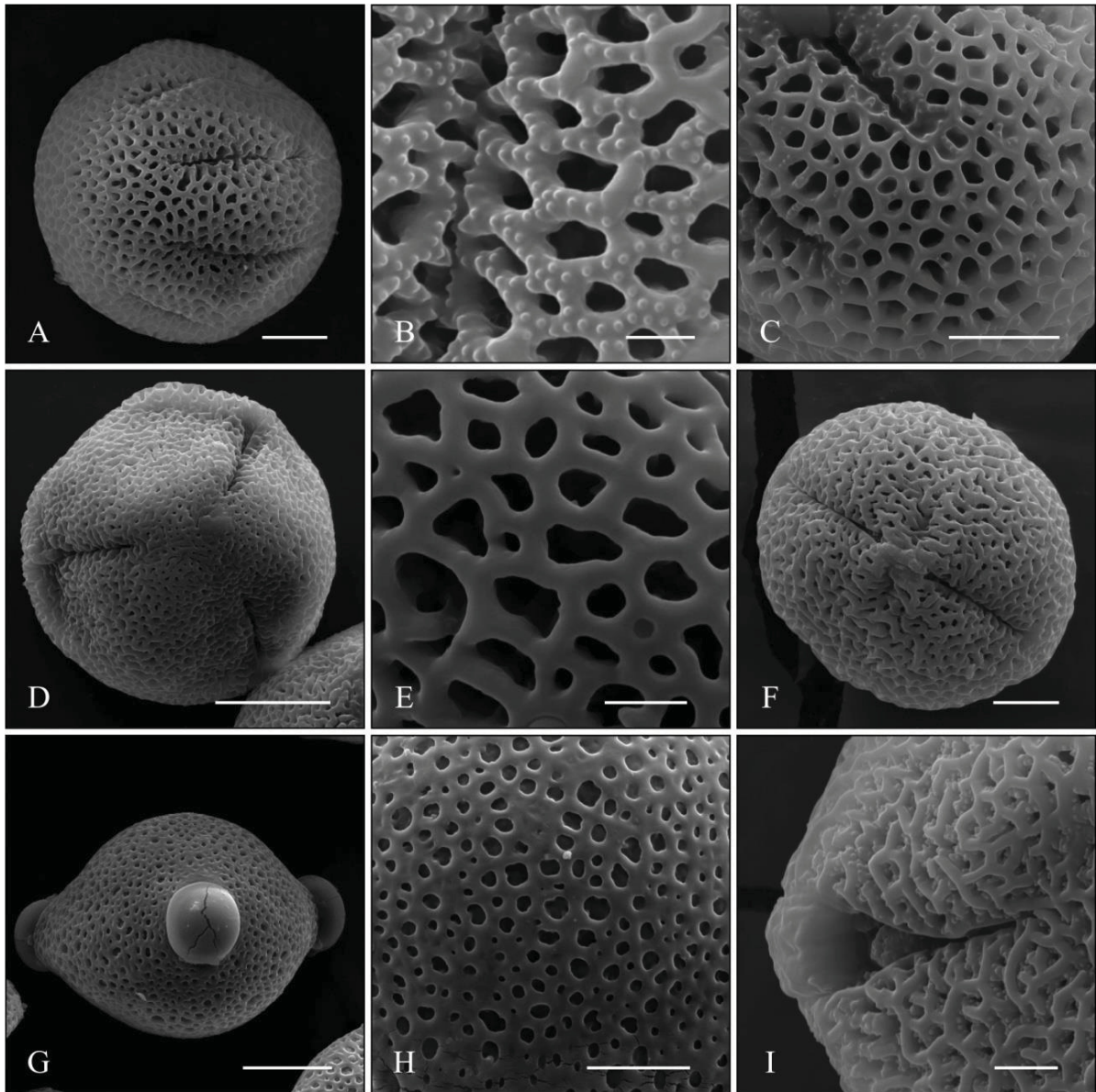
FIGURA 7 - IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*.



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-C. *Borreria poaya* – morfo brevistilo. A. Detalhe ornamentação (MBM191814). – morfo longistilo. B. Vista geral, grão de pólen 9-zonocolporado (MBM377551). C. Detalhe ornamentação (MBM377551). D-E. *Borreria verticillata* – morfo longistilo. D. Vista geral, grão de pólen 7-zonocolpado (MBM357954). E. Detalhe ornamentação (MBM357954). F-G. *Emmeorhiza umbellata*. F. Vista geral, grão de pólen 10-zonocolporado (MBM370657). G. Detalhe ornamentação (MBM370657). H-L. *Galianthe chodatiana* – morfo brevistilo. H. Vista geral do grão de pólen evidenciando as aberturas (MBM60000). I. Detalhe ornamentação (MBM60000). – morfo longistilo. J. Vista polar, grão de pólen 7-zonocolporado (MBM154882). K. Vista equatorial do grão de pólen evidenciando as aberturas (MBM154882). L. Detalhe ornamentação (MBM154882). Barras de escala – 10 μm (B, H, J, K), 5 μm (C, D, F, I), 2 μm (A, E, G, L).

FIGURA 8 - IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *GALIANTHE*.



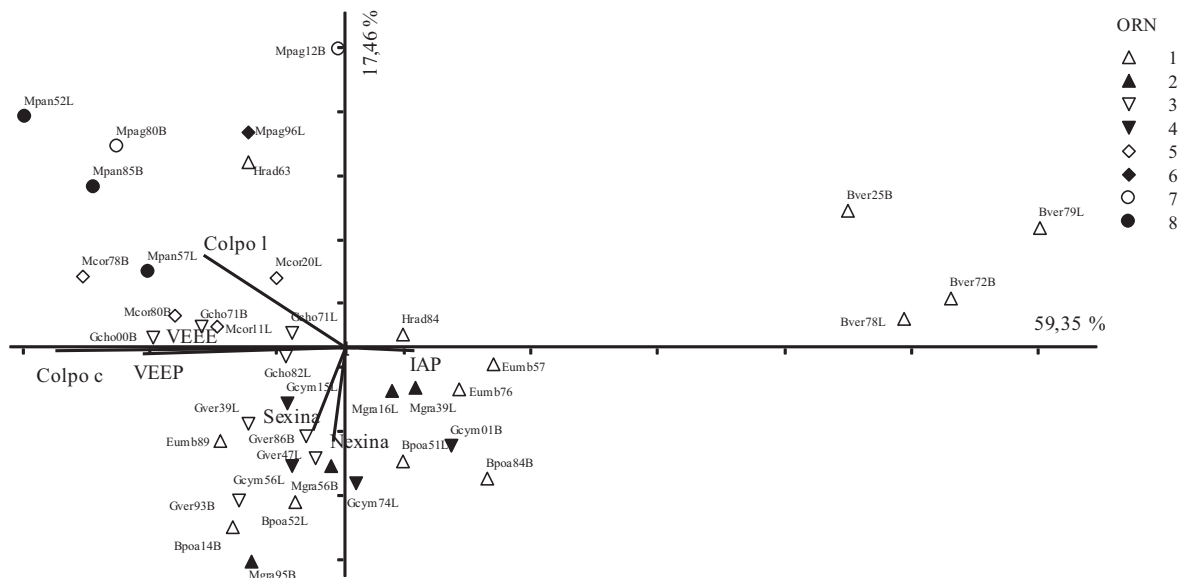
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-C. *Galianthe cymosa* – morfo longistilo. A. Vista equatorial do grão de pólen evidenciando as aberturas (MBM333774). B. Detalhe ornamentação, região da abertura (MBM333774). C. Detalhe ornamentação, região do apocolpo (MBM333774). D-E. *Manettia cordifolia* – morfo longistilo. D. Vista polar, grãos de pólen 3-colporado (MBM306920). E. Detalhe ornamentação (MBM306920). F. *Manettia gracilis* – morfo brevistilo. F. Vista equatorial do grão de pólen evidenciando as aberturas (MBM395356). G-H. *Manettia paraguariensis* – morfo longistilo. G. Vista equatorial do grão de pólen evidenciando as aberturas (MBM378496). H. Detalhe ornamentação (MBM378496). I. *Manettia paranensis* – morfo brevistilo. I. Detalhe ornamentação e abertura (MBM218585). Barras de escala - 10 μm (D, G), 5 μm (A, C, F, H), 2 μm (E, I), 1 μm (B).

3.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Quatro grupos de grãos de pólen aperturados de *Borreria*, *Emmeorhiza*, *Galianthe*, *Hexasepalum* e *Manettia* foram formados pela ACP com baseadas em oito variáveis métricas (FIGURA 9). A variabilidade polínica entre as espécies e espécimes compreendeu 76,81% nos dois primeiros eixos da ACP. O primeiro eixo somou 59,35% da variância de acordo com os valores altamente correlacionados ao eixo polar em vista equatorial (VEEP), eixo equatorial em vista equatorial (VEEE), comprimento do colpo (COLPO C) e ao índice da área polar (IAP). O segundo componente explicou 17,46% da variabilidade dos dados, relacionados a espessura da sexina (SEX) e da nexina (NEX) e a largura do colpo (COLPO L) (TABELA 3). O espécime de *M. paraguariensis* MBM2612 B posicionado no lado superior esquerdo do gráfico apresentou a menor espessura de nexina e sexina dentre todos os grãos de pólen. Os espécimes de *B. verticillata* (MBM51725 B, MBM289272 B, MBM357954 L e MBM105078 L) localizados no lado superior direito, apresentaram os menores grãos de pólen e os colpos mais curtos.

FIGURA 9 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) REALIZADA COM AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*, *HEXASEPALUM* E *MANETTIA*.



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: Bpoa, *Borreria poaya*; Bver, *B. verticillata*; Eumb, *Emmeorhiza umbellata*; Gcho, *Galianthe chodatiana*; Gcym, *G. cymosa*; Gver, *G. verbenoides*; Hrad, *Hexasepalum radula*; Mcor, *Manettia cordifolia*; Mgra, *M. gracilis*; Mpag, *M. paraguariensis* e Mpan, *M. paranensis*. ORN, ornamentação. 1, equinada-perfurada. 2, microreticulada heterobrocada. 3, microreticulada heterobrocada com espículos esparsos. 4, microreticulada

heterobrocada com espículos esparsos aglomerados na região das aberturas. 5, microreticulada a reticulada heterobrocada com lumens poligonais. 6, microreticulada heterobrocada com lumens arredondados. 7, reticulada heterobrocada com lumens arredondados. 8, reticulada com muros entrelaçados e espículos esparsos.

TABELA 3 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *BORRERIA*, *EMMEORHIZA*, *GALIANTHE*, *HEXASEPALUM* E *MANETTIA*. E OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA ORDENAÇÃO PELA ACP.

Variáveis	Variáveis (significados)	Componentes principais	
		Eixo 1	Eixo 2
VEEP	Vista equatorial eixo polar	-0,3264	-0,1321
VEEE	Vista equatorial eixo equatorial	-0,2586	-0,0189
COLPO (C)	Comprimento do colpo	-0,7988	-0,2062
COLPO (L)	Largura do colpo	-0,4015	0,7354
SEX	Espessura da sexina	-0,1176	-0,4248
NEX	Espessura da nexina	-0,0746	-0,4619
FORMA	Relação VEEP/VEEE	-0,0303	-0,0575
IAP	Índice da área polar	0,0834	-0,0422

FONTE: O autor (2018).

4 DISCUSSÃO

As espécies analisadas da tribo Spermacoaceae de *Borreria*, *Emmeorrhiza*, *Galianthe*, *Hexasepalum* e *Manettia* foram classificadas em três tipos polínicos de acordo com o número, caráter e posição das aberturas. Esta variabilidade dos tipos de aberturas polínicas na tribo Spermacoaceae foi também observada por vários autores.

Borreria verticillata foi descrita por Dessein et al. (2002) com grãos de pólen pequenos a médios, oblato-esferoidais, 6-7-8-9-zonocolporados com endoabertura lalongada e sexina perfurado-granulada. Já em Jung-Mendaçolli e Melhem (1994) os grãos de pólen variaram de pequenos a médios, suboblato, 6-7-8-zonocolpados, com colpos curtos (brevicolpados) e exina pilada. Quanto as aberturas os grãos de pólen de *B. verticillata*, aqui analisada não possui endoaberturas corroborando o trabalho de Jung-Mendaçolli e Melhem (1994). Outras características como o tamanho, a forma e a presença de colpos curtos a muito curtos estão de acordo com as descritas anteriormente por Dessein et al. (2002) e Jung-Mendaçolli e Melhem (1994). A exina observada no presente estudo se configurou como equinado-perfurada, confirmada pelas eletromicrografias, enquanto que autores citados não apresentaram imagens em MEV.

Na literatura não há descrições sobre a presença de distília em *Borreria* e, Ganders (1979) afirmou ao observar *B. verticillata* no campo que não ocorre heterostília na espécie, mas sim um aumento no comprimento do estilete a medida que o botão floral se desenvolve até atingir a antese completa. Como as flores dos espécimes analisados aqui se encontravam em pleno desenvolvimento foi possível verificar distília na espécie durante a coleta do material polínico nos herbários, com flores brevistilas e longistilas, cujos grãos de pólen do morfo brevistilo foram maiores do que os do morfo longistilo.

Análises palinológicas foram realizadas por Pire e Cabral (1992), Pire (1997) e Cabral (2001) com espécies do gênero *Galianthe*, que o consideraram muito homogêneo (estenopolínico). Os grãos de pólen estudados pelos autores mencionados foram caracterizados com tamanho médio, isopolares, prolato-esferoidais, subprolato ou oblato-esferoidais, 6-7 (-8) zonocolporados, cujos 9-10 zonocolporados foram raros, todos com colpos longos e estreitos, e endoaberturas lalongadas à circulares, com exina reticulada. As espécies da *Galianthe* analisadas no presente estudo (*G. chodatiana*, *G. cymosa*, *G. verbenoides*) apresentaram tamanho médio a grande e forma oblato-esferoidal a prolato-esferoidal, descrições essas semelhantes as descritas pelos autores citados, entretanto, os colpos analisados aqui no geral foram curtos e estreitos, sendo longos e estreitos somente nos morfos longistilos de *G.*

chodatiana e *G. cymosa* e, todas as três espécies apresentaram endoabertura endocingulada, o que não foi descrito anteriormente. Já a exina microreticulada com espículos dos nossos materiais não corroborou a descrita por estes autores. Os dados polínicos como grãos de pólen homogêneos observados nas espécies *Galianthe* Griseb corroboraram com o restabelecimento do gênero pela palinotaxonomia conforme observado também por Cabral (1991), Pire e Cabral (1992) e Pire (1997).

Os grãos de pólen de *Manettia* analisados por Macias (1998) (*M. cordifolia*, *M. gracilis* e *M. paraguariensis*) apresentaram tamanho grande, 3-colporos em *M. cordifolia* e 3-4-colporos em *M. gracilis* e *M. paraguariensis*, exina perfurada, microrreticulada ou reticulada. *M. gracilis* também foi estudada por Jung-Mendaçolli (1984), com grãos de pólen de tamanho médio, 3-4-colporados, longicolpados, com exina reticulada ou pilada. Os grãos de pólen aqui analisados se caracterizaram com tamanho médio a grande, 3-4-colporados, brevicolpados a longicolpados, corroborando com os dados descritos na literatura. Quanto a ornamentação foi observada aqui que os grãos de pólen podem ser microreticulados a reticulados heterobrocados de lumens poligonais em *M. cordifolia*, microreticulado em *M. gracilis*, microreticulado a reticulado heterobrocado com lumens arredondados em *M. paraguariensis* e reticulado de muros entrelaçados em *M. paranensis*, corroborando em grande parte os resultados citados anteriormente. Os espécimes de *M. paraguariensis* analisados possuem um orifício com forma alongada, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa, características não citadas no trabalho de Macias (1998).

A morfologia polínica de *Hexasepalum radula* (basiônimo *Spermacoce radula* Willd. & Hoffmanns. ex Roem. & Schult., homotípico de *Diodella radula* (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete e homotípico de *Diodia radula* (Willd. & Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Cham. & Schltl.) foi analisada por Jung-Mendaçolli (1984), Silveira Junior et al. (2012), Ybert et al. (2018) cujos grãos de pólen foram descritos como de tamanho médio a grande, 8-9-10-11-zonocolporados, suboblato e prolato-esferoidais. Quanto as aberturas, foi descrita com colpos longos e estreitos, com endoaberturas alongadas e presença de costa por Silveira Junior et al. (2012) e, brevicolpados por Jung-Mendaçolli (1984). Quanto a ornamentação foi descrita como microreticulada heterobrocada por Silveira Junior et al. (2012), microgranulada por Ybert et al. (2018) e granulada com espículos por Jung-Mendaçolli (1984). Os espécimes analisados aqui possuem semelhanças com os caracteres descritos pelos autores como grãos de pólen de tamanho médio, 7-8-9-10-11-12-zonocolporados, suboblato, com colpos curtos e largos, diferindo nas endoaberturas que são endocinguladas, não descritas nos trabalhos dos autores

acima citados e, providas de costa, característica não observada por Jung-Mendaçolli (1984), além da ornamentação da sexina que é equinado-perfurada.

Silveira Junior et al. (2012) e Jung-Mendaçolli (1984), também analisaram a espécie *Emmeorhiza umbellata* e descreveram os grãos de pólen com tamanho médio, oblato-esferoidais a prolato-esferoidais, 7-8-(9)-10-zonocolporados, com colpos longos e endoaberturas lalongadas com costa, exina microrreticulada ou reticulada homobrocada. Os caracteres encontrados aqui como o tamanho do pólen, aberturas do tipo 7-8-(9)-10-zonocolporados, apesar de também termos visto grãos de pólen 6-zonocolporados, colpos longos e endoaberturas com costa, diferenciando apenas na ornamentação, corroboram aos dados da literatura. Já Delprete e Cortés (2006) descreveram os grãos de pólen deste gênero como equinado-perfurados, com as mesmas descrições aqui obseradas.

Foi verificada a presença de heterostilia em *Borreria poaya*, *B. verticillata*, *Galianthe chodatiana*, *G. cymosa*, *G. verbenoides*, *Manettia cordifolia*, *M. gracilis*, *M. paraguariensis* e *M. paranensis*, porém não constatamos diferenças significativas nos caracteres observados nos grãos de pólen dos espécimes brevistilos e longistilos. Nos materiais analisados de *B. verticillata*, *B. poaya*, *M. paraguariensis* e *M. paranensis*, 11 a 40% do total de grãos de pólen foram menores e deformados, possuíam cerca de 1/3 do tamanho do grão de pólen normal. Segundo Faegri e Van der pjl (1980) esses grãos de pólen menores geralmente são inviáveis e são utilizados como alimento para as crias de insetos, como, por exemplo, no caso das abelhas. Como várias dessas espécies ocorrem nos produtos apícolas (BARTH, 2004), pode ser esse o caso.

5 CONCLUSÕES

As espécies estudadas demonstraram variações nos caracteres polínicos, tornando os gêneros heterogêneos e distintos, concluindo-se que a tribo Spermacoaceae é euripolínica.

Os espécimes heterostílicos analisados de *Borreria verticillata*, *B. poaya*, *Galianthe chodatiana*, *G. cymosa*, *G. verbenoides*, *Manettia cordifolia*, *M. gracilis*, *M. paraguariensis* e *M. paranensis* não possuem diferenças significativas entre os grãos de pólen dos *morfos* brevistilos e longistilos. As espécies analisadas *B. verticillata*, *B. poaya*, *M. paraguariensis* e *M. paranensis* apresentaram grãos de pólen bem menores, cerca de 1/3 do tamanho normal que podem ser inviáveis e utilizados como alimentos para as abelhas.

As principais características das espécies analisadas do gênero *Galianthe* são endoaberturas endossinguladas que se unem em torno do grão de pólen na forma de um anel, ocorrendo variações na espessura da costa. *Borreria* é um gênero euripolínico, onde verificamos diferenças nos tipos de aberturas. As espécies de *Manettia* apresentaram-se estenopolínicas, sem diferenças significativas que podem ser utilizadas para delimitar as espécies estudadas.

Os caracteres polínicos citados foram importantes para diferenciar cada gênero estudado e podem contribuir para as análises filogenéticas e/ou serem usados em uma abordagem sistemática na resolução de problemas taxonômicos na tribo Spermacoaceae Bercht. & J. Presl. *sensu lato*.

REFERÊNCIAS

- Angiospermas in Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB128482>>. Acesso em 17 jul. 2018.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.141, p. 399-436, 2003.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification of the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1- 20, 2016.
- BACIGALUPO, N. M.; CABRAL EL. Infrageneric classification of *Borreria* (Rubiaceae-Spermacoceae) on the basis of American species. **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 297-308, 1996.
- BARRETT, S. C. H.; RICHARDS, J. H. Heterostyly in tropical plants. **New York Botanical Garden**, New York, v. 55, p. 35-61, 1990.
- BARRET, S. C. H. Heterostylous genetic polymorphism: model systems for evolutionary analysis. In: *Evolution and Function of Heterostyly*. S.C.H. BARRETT (Ed.). **Springer-Verlag**, Berlin. p. 1-29, 1992.
- BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: A review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 342-350, 2004.
- BARTH, O. M.; MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. Editora da Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1988.
- BREMER, B.; MANEN, J. Phylogeny and classification of the subfamily Rubioideae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 225, p. 43-72, 2000.
- CABRAL, E. L. Rehabilitación del género *Galianthe* (Rubiaceae). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v.27, p. 235-249, 1991.
- CABRAL, E. L. **Revisión del género *Galianthe* (Rubiaceae - Spermacoceae)**. 52º Congreso Nacional de Botánica. Joao Pessoa. Brasil. 2001.
- DELPRETE, P. J.; CORTÉS, B. R. A synopsis of the Rubiaceae of the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to genera, and a preliminary species list. **Review Biological Neotropical**, v. 3, n. 1, p. 13-96, 2006.

DELPRETE, P.G. New combinations and new synonymies in the genus *Spermacoce* (Rubiaceae) for the Flora of Goiás and Tocantins (Brazil) and the Flora of the Guianas. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 1, p. 1023-1030, 2007b.

DELPRETE, P. G. Rubiaceae – Parte 3: Gêneros S-W, Índices. In: Rizzo, J.A. (coord.). **Flora dos estados de Goiás e Tocantins**. Vol. 40. IRD/UFG, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, p. 1098-1610. 2010c.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. B. Rubiáceas. Vol. 2 – Gêneros de G-Z: 20. *Gardenia* até 46. *Tocoyena* (com observações ecológicas por Klein, R.; Reis, A. & Iza, O.). In: Reis, A. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**, Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, p. 345-843, 2005.

DESSEIN, S. **Systematic studies in the Spermacoceae (Rubiaceae)**. 2003. 403p. Doctoral Dissertation. K.U, Leuven, Leuven, 2003.

DESSEIN, S.; HUYSMANS, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. Pollen of African *Spermacoce* species (Rubiaceae) – Morphology and evolutionary aspects. **Grana**, v. 41, n. 2, p. 69-89, 2002.

DESSEIN, S.; OCHOTERENA, H.; BLOCK, P. D.; LENS, F.; ROBBRECHT, E.; SCHOLS, P.; SMETS, E.; VINCKIER, S.; HUYSMANS, S. Palynological Characters and Their Phylogenetic Signal in Rubiaceae. **The New York Botanical Garden**, v. 71, n. 3, p. 354-414, 2005.

ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1952.

FAEGRI, G.; IVERSEN, J. **Textbook of modern pollen analysis**. 2. ed. Copenhagen: Scandinavian University Books, 1966.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3. ed. New York: Pergamon Press, 1980.

GANDERS, F. R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v. 17, p. 607-635, 1979.

GROENINCKX, I.; DESSEIN, S.; OCHOTERENA, H.; PERSSON, C.; MOTLEY, T.J.; KAREHED, J.; BREMER, B.; HUYSMANS, S.; SMETS, E. Phylogeny of the herbaceous tribe *Spermacoceae* (Rubiaceae) based on plastid DNA data. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 96, p. 109-132, 2009a.

GROENINCKX, I.; DE BLOCK, P.; RAKOTNASOLO, F.; SMETS, E.; DESSEIN, S. Rediscovery of Madagascan *Lathraeocarpa* allows determination of its taxonomic position within Rubiaceae. **Taxon**, v. 58, p. 209-226, 2009b.

HESSE, M.; HALBRITTER, H.; ZETTER, R.; WEBER, M.; BUCHNER, R.; FROSCH-RADIVO, A.; ULRICH, S. **Pollen Terminology: an illustrated handbook**. New York: Springer Wien, 2009.

- JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. J. **Contribuição ao estudo palinológico das Rubiaceae**. 1984. 2010 f. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- KAHELER, M.; GOLDENBERG, R.; EVANGELISTA, P. H. L.; RIBAS, O. S.; VIEIRA, A. O. S.; HATSCHBACH, G. G. **Plantas vasculares do Paraná**. Curitiba: Departamento de Botânica, 2014.
- KAREHED, J.; BREMER, B. The systematics of Knoxieae (Rubiaceae) – molecular data and their taxonomic consequences. **Taxon**, v. 56, p. 1051-1076, 2007.
- LENS, F.; GROENINCKS I.; SMETS, E.; DESSEIN, S. Woodiness within the Spermaceae-Knoxieae alliance (Rubiaceae): retention of the basal woody condition in Rubiaceae or recent innovation? **Annals of Botany**, v. 103, p. 1049-1064, 2009.
- MACIAS, L. F. N. **Estudos taxonômicos do gênero Manettia Mutis ex L. (Rubiaceae) no Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai**. 1998. 356p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.
- MCCUNE, B.; MELFFORD, M. J. **PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data**. 1999.
- 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**, v. 16, p. 1-104, 2003.
- PASSOS, L.; SAZIMA, M. Reproductive biology of the distylous *Manettia luteo-rubra* (Rubiaceae). **Botanica Acta**, v. 108, p. 309-313, 1995.
- PIRE, S. M.; CABRAL, E. L. El valor del polen en la revaluación de *Galianthe* (Spermaceae-Rubiaceae). **Darwiniana**, v. 31, p. 1-10, 1992.
- PIRE, S. M. Palynological study of American species of *Borreria* (Rubiaceae-Spermaceae). **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 413-423, 1996.
- PIRE, S. M. Género *Galianthe* subg. *Ebelia* (Rubiaceae): estudio palinológico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 83, p. 857-877, 1997.
- PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 143, p. 1-81, 2007.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1973.
- SHEPHERD, G. J. **Fitopac 1: Manual do usuário**. Campinas: Departamento Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- SILVEIRA-JUNIOR, C. E. A.; SABA, M. D.; JARDIM, J. G. Pollen morphology of Rubiaceae Juss. species occurring in an area of caatinga (dryland) vegetation in Bahia State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 444-455, 2012.

VIEIRA, S. **Introdução à Bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1981.

YBERT, J. P.; SCHELL-YBERT, R.; CARVALHO, M. A. **Grãos de pólen de plantas vasculares do Estado do Rio de Janeiro**. Volume IV. 2018.

APÊNDICE 1

Lista de espécimes analisados:

Borreria poaya (A.St.-Hil.) DC. Brasil: Paraná, Jaguariaíva, Rio das Mortes. A.Cervi, Et. Dunaiski 3852, 15 de novembro de 1992 (MBM191814); Brasil: Paraná, Tibagi, G. Felitto, E. Barboza, J. Cordeiro & P. Larocca 421, 1 de novembro de 2012 (MBM381512); Brasil: Paraná, Tibagi, Parque Estadual do Guartelá. S.R. Ziller 1508, 18 de setembro de 1996 (MBM337551); Brasil: Paraná, Ponta Grossa, Buraco do Padre. O.S. Ribas, J. Cordeiro 865, 27 de outubro de 1995 (MBM188484).

Borreria verticillata (L.) G.Mey. Brasil: Paraná, Imbituva. G. Hatschbach, 14 de novembro de 1957 (MBM51725); Brasil: Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula. R. Wasum 1477, 28 de abril de 2002 (MBM289272); Brasil: Paraná, Matinhos. R. Ristow & A. C.L. Miranda 113, 23 de agosto de 2009 (MBM357954); Brasil: Paraná, Colombo. J.M. Silva & F.J. Zelma, 30 de outubro de 1985.

Emmeorrhiza umbellata (Spreng.) K.Schum. Brasil: Paraná, Curitiba, Jardim Botânico. Y.S. Kuniyoshi, C.V. Roderjan & F. Galvão 6257, 18 de março de 1999 (EFC8389); Brasil: Paraná, Campina Grande do Sul. F. Marinero & J.B.S. Pereira 297, 8 de fevereiro de 2009 (MBM370657).

Galianthe chodatiana (Standl.) E. L.Cabral. Brasil: Paraná, Curitiba, Capanema. R. Kummrow 2360, 20 de outubro de 1983; Brasil: Paraná, São José dos Pinhais. G. Hatschbach 41799, 30 de novembro de 1978 (MBM 60000); Brasil: Paraná, Curitiba, Jardim das Américas. J. Cordeiro 890 & E. Barbosa, 05 de novembro de 1992 (MBM154882).

Galianthe cymosa (Cham.) E.L.Cabral & Bacigalupo. Brasil: Paraná, Curitiba, Jardim das Américas. F. B. Matos 501, M. Reginato, 9 de março de 2005 (MBM333774). Brasil: Paraná, Palmeira. M.G. Caxambu & E. L. Siqueira 2787, 17 de outubro de 2009 (MBM370256); Brasil: Paraná, São José dos Pinhais. A.C.L. Miranda, R. Ristow, V.C.M. Guimarães, V. Q. B. Lima 231, 26 de setembro de 2009 (MBM372115).

Galianthe verbenooides (Cham. & Schtdl.) Griseb. Brasil: Paraná, Curitiba, Recanto das Araucárias. J. Cordeiro 480, J. M. Silva, 8 de dezembro de 1987 (MBM119439); Brasil: Paraná, Balsa Nova. M.G. Caxambu et al. 3769, 3 de fevereiro de 2012 (MBM378347); Brasil: Paraná, limite entre Ponta Grossa e Palmeira. L.R.Landrum 2531, 16 de novembro de 1977 (MBM61593). Brasil: Paraná, Ponta Grossa, Itaiacoca. O.S. Ribas, J. Cordeiro e E. Barbosa 2320, 17 de janeiro de 1998 (MBM222886).

Hexasepalum radula (Willd.) Delprete & J.H.Kirkbr. Brasil: Paraná, Paranaguá, Ilha do Mel. R. Kummrow 1340, 20 de janeiro de 1980 (MBM66463); Brasil: Paraná, Curitiba. J. Ziffer Berger et al. 446, 18 de setembro de 2006 (MBM320784).

Manettia cordifolia Mart. Brasil: Paraná, Carambeí. M.E. Engels 773, F.F.F. Mazziere, C. Michelson, B.K. Canestraro, 19 de março de 2013 (MBM398011); Brasil: Paraná, Capitão

Leônidas Marques. O.S. Ribas, P. Labiak & M. P. Petean 6201, 10 de abril de 2004 (MBM306920); Brasil: Paraná, Tibagi. G. Hatschbach, 09 de maio de 1953 (MBM51678); Brasil: Paraná, Ponta Grossa, Lagoa Dourada. R. Kummrow 2568, 29 de janeiro de 1995 (MBM102180).

Manettia gracilis Cham. & Schltld. Brasil: Paraná, Paranaguá, Morro Inglês. Engels, M. E. 1188; Bonaldi, R. A. e Silva, R. C., 9 de dezembro de 2013 (MBM395356); Brasil: Paraná, São José dos Pinhais. Silva, J. M. 8547, Motta, J. T., Barboza, E. 20 de Maio de 2014 (MBM390418); Brasil: Paraná, Guaratuba. Silva, J. M. 8555, Motta, J. T., Barboza, E. 20 de Maio de 2014 (MBM390395); Brasil: Paraná, Telêmaco Borba. F. Marinero 362, 9 de abril de 2012 (MBM389737).

Manettia paraguariensis Chodat. Brasil: Paraná, Doutor Ulysses. Cabeceira do rio do Tigre. O.S. Ribas & C.V.G. Lopes 7846, 15 de maio de 2007(MBM334280); Brasil: Paraná, Telêmaco Borba. M. Selusniaki & C. Michelon 3419, 22 de dezembro de 2011 (MBM378496); Brasil: Paraná, Curitiba, Rio Barigui. G. Hatschbach 14802, 9 de outubro de 1966 (MBM2612).

Manettia paranensis Standl. Brasil: Paraná, Campina Grande do Sul, Serra Ibitiraquire. O.S. Ribas, L.B.S. Pereira 1965, 19 de outubro de 1997 (MBM218585); Brasil: Paraná, Morretes, Serra Marumbi, Pico Olimpo. G. Hatschbach 25372, 13 de novembro de 1970 (MBM15952); Brasil: Paraná, Guaratuba, Serra do Araçatuba. J.M. Silva, E. Barbosa, J. Cordeiro 3266, 25 de fevereiro de 2000 (MMB255457).

CAPÍTULO 3

MORFOLOGIA POLÍNICA DE ESPÉCIES DE RUBIACEAE OCORRENTES NO ESTADO DO PARANÁ - SUL DO BRASIL

RESUMO

Foram estudadas as características polínicas de 41 espécimes pertencentes a *Amaioua* Aubl., *Bathysa*, *Chiococca*, *Coccocypselum*, *Cordia*, *Coussarea*, *Declieuxia*, *Galium*, *Guettarda*, *Ixora* e *Posoqueria*, ocorrentes no Estado do Paraná, Sul do Brasil. Os botões florais foram obtidos de exsicatas depositadas nos herbários do Museu Botânico de Curitiba (MBM) e Herbário da Escola de Florestas de Curitiba. Os grãos de pólen foram acetolisados, medidos, descritos, fotografados sob microscopia óptica e elétron-micrografados sob microscopia eletrônica de varredura. Os grãos de pólen analisados são mônades; pequenos a grandes; âmbito subtriangular, quadrangular, circular ou elipsoidal; suboblatos a subprolatos; porados, colpados ou colporados. A exina semitectada ou tectada perfurada exibiu diversas ornamentações como retículos, microretículos, pilos, espinhos ou microespinhos. A sexina sempre foi mais espessa que a nexina. Os resultados confirmaram o caráter euripolínico dos gêneros estudados devido a ampla variabilidade observada na morfologia polínica. Os grãos de pólen das espécies distílicas analisadas apresentaram maiores tamanhos nas flores brevistilas, configurando-se como um caráter diagnóstico que permitiu diferenciar os morfos.

Palavras-chave: Rubioideae. Ixoroideae. Cinchonoideae. Morfologia polínica. Heterostilia.

1 INTRODUÇÃO

Rubiaceae possui cerca de 580 gêneros e mais de 13.765 mil espécies (GOVAERTS et al., 2018), que naturalmente habitam áreas tropicais e subtropicais do mundo, com poucas espécies ocorrendo em áreas temperadas e frias (DELPRETE; SMITH; KLEIN, 2004; DELPRETE, 1999). No Brasil a família é representada por cerca de 126 gêneros e 1.411 espécies (BARBOSA et al., 2015), ocorrendo em quase todas as formações naturais. As espécies deste grupo possuem vários hábitos, como ervas, subarbustos, arbustos e árvores, já lianas e epífitas são menos frequentes. Morfologicamente, a família é caracterizada por ter folhas simples e opostas, estipulas interpeciolares e estames epipétalos (SOUZA; LORENZI, 2008).

De acordo com estudos de filogenia molecular recentemente publicados, a família Rubiaceae demonstrou ser um grupo monofilético pertencente a Ordem Gentianales, subdividida em três subfamílias: Rubioideae (18 tribos), Cinchonoideae (9 tribos) e Ixoroideae (15 tribos), além das tribos Luculieae e Coptosapelteae, que possuem posições filogenéticas fora das três subfamílias (BREMER et al. 2009; YANG et al., 2016).

No Estado do Paraná é citada na literatura a ocorrência dos seguintes gêneros pertencentes a subfamília Cinchonoideae (*Alseis* Schott, *Cephalanthus* L., *Chiococca* P.Browne, *Chomelia* Jacq., *Coutarea* Aubl., *Deppea* Cham. & Schltld., *Guettarda* L., *Hamelia* Jacq., *Hoffmannia* Sw., *Hillia* Jacq., *Machaonia* Humb. & Bonpl., *Malanea* Aubl.), a Ixoroideae (*Amaioua* Aubl., *Alibertia* A.Rich. ex DC., *Bathysa* C.Presl, *Cordia* A.Rich. ex DC., *Genipa* L., *Ixora* L., *Posoqueria* Aubl., *Randia* L., *Richardia* L., *Sabicea* Aubl., *Tocoyena* Aubl.) e a Rubioideae (*Borreria* G.Mey., *Coccocypselum* P.Browne, *Coussarea* Aubl., *Declieuxia* Kunth, *Diodia* L., *Emmeorhiza* Pohl ex Endl., *Faramea* Aubl., *Galianthe* Griseb. ex Lorentz, *Galium* L., *Hexasepalum* Bartl. ex DC., *Hindsia* Benth., *Manettia* Mutis ex L., *Margaritopsis* C. Wright, *Mitracarpus* Zucc. ex Schult. & Schult.f., *Oldenlandia* L., *Palicourea* Aubl., *Psychotria* L., *Rudgea* Salisb., *Spermacoce* L.) (SOUZA; SOUZA, 1998; ZAPPI, 2003; LINSINGEN et al., 2006; DIETER et al., 2007; LIEBSCH; MIKICH, 2009; BORGIO, 2010; MARINERO et al., 2012; KAEHLER et al., 2014; BRUNIERA; ZAPPI, 2015; BARBOSA et al., 2015; FERREIRA JUNIOR; VIEIRA, 2015; TAYLOR et al., 2015).

A família Rubiaceae possui problemas taxonômicos relacionados à distília, uma das expressões da heterostília, que consiste em uma estratégia reprodutiva com a existência de dois morfos florais produzidos em indivíduos distintos: brevístilo (estigma abaixo do nível das anteras) e longístilo (estigma acima do nível das anteras). Este dimorfismo é encontrado em

563 espécies distribuídas em 109 gêneros de Rubiaceae, caracterizada como a família que compreende mais gêneros heterostílicos dentre todas as famílias de Angiospermas (GANDERS, 1979; BARRET; RICHARDS, 1990; PASSOS; SAZIMA, 1995; NAIKI, 2012).

Segundo Jung-Mendaçolli (1984), a família Rubiaceae pode apresentar além das diferenças morfológicas e fisiológicas dos verticilos reprodutivos, morfologia distinta em seus grãos de pólen decorrentes da heterostilia. Deste modo, a Palinotaxonomia possui extrema importância para a circunscrição dos táxons, já que os grãos de pólen apresentam baixa plasticidade fenotípica e o tipo de ornamentação da exina, bem como o tipo de abertura, são muito conservativos do ponto de vista taxonômico e filogenético, geralmente mantidos na mesma linhagem evolutiva nos diferentes níveis taxonômicos. Sendo assim, o valor dos caracteres polínicos foi reconhecido na Taxonomia das Angiospermas nas propostas recentes de classificação do grupo (APG II, 2003; APG III 2009; APG IV, 2016), uma vez que podem indicar limites taxonômicos, afinidades e dar suporte a identificação e classificação de espécies.

A palinologia de espécies de Rubiaceae vem sendo estudada há alguns anos e autores como Baker (1956), Verdcourt (1958), Erdtman (1952, 1971), Salgado-Labouriau (1973), Melhem et al. (1974), Darwin (1979), Jung-Mendaçolli (1984), Persson (1993), Jung-Mendaçolli e Melhem (1994), Dessein et al. (2000, 2005) Sotolongo Molina et al. (2002), Melhem et al. (2003), Perven e Qaiser (2007) e Silveira-Junior et al. (2012) apontaram a necessidade de mais estudos palinológicos dentro da família, pois, até a pouco tempo atrás, somente cerca de 15% de suas espécies haviam sido analisadas (DESSEIN et al., 2005).

A maioria dos estudos polínicos em Rubiaceae foram realizados com espécies não ocorrentes no Brasil, deixando uma grande lacuna no conhecimento palinológico de representantes da flora brasileira. Deste modo, o presente estudo analisou representantes das três subfamílias de Rubiaceae (Rubioideae, Cinchonoideae e Ixoroideae) ocorrentes no Sul do Brasil, com a finalidade de fornecer informações e estabelecer atributos polínicos úteis para ampliar o conhecimento taxonômico da família.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os grãos de pólen de 41 coleções de herbário, pertencentes aos gêneros *Amaioua* Aubl. (*Amaioua guianensis* Aubl.), *Bathysa* C.Presl (*Bathysa australis* (A.St.-Hil.) K.Schum.), *Chiococca* P.Browne (*Chiococca alba* (L.) Hitchc.), *Coccocypselum* P.Browne (*Coccocypselum condalia* Pers.), *Cordia* A.Rich. ex DC. (*Cordia concolor* (Cham.) Kuntze), *Coussarea* Aubl. (*Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg.), *Declieuxia* Kunth (*Declieuxia dusenii* Standl.), *Galium* L. (*Galium equisetoides* (Cham. & Schltdl.) Standl., *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb., *Galium megapotamicum* Spreng.), *Guettarda* L. (*Guettarda uruguensis* Cham. & Schltdl.), *Ixora* L., (*Ixora venulosa* Benth.) e *Posoqueria* Aubl. (*Posoqueria latifolia* (Rudge) Schult.) (APÊNDICE 2). Entre as espécies analisadas, *Coussarea contracta*, *Coccocypselum condalia* e *Declieuxia dusenii* são heterostilicas, desta forma, foram analisadas separadamente os morfos brevistilos e longistilos. A seleção das espécies foi baseada em um levantamento realizado no Herbário do Museu Botânico de Curitiba (MBM), com as espécies de maior ocorrência da família para a flora do Estado do Paraná, e, com o auxílio da obra Plantas Vasculares do Paraná de Kaehler et al. (2014).

Os grãos de pólen foram coletados de exsicatas depositadas nos herbários do Museu Botânico de Curitiba, Paraná (MBM) e no Herbário Escola de Florestas Curitiba (EFC). Na coleta dos botões florais, em estágio completo de desenvolvimento, foi verificado a presença ou ausência de distília (brevistília e longistília). Os grãos de pólen foram obtidos de anteras férteis de botões florais em pré-antese, armazenados e etiquetados separadamente de acordo o comprimento do estilete (brevistilo ou longistilo). Para cada espécie, retirou-se pólen de pelo menos três botões florais a fim de homogeneizar as variações no tamanho dos grãos de pólen (SALGADO-LABOURIAU, 1973).

O material polínico foi preparado segundo o método da acetólise clássica de Erdtman (1952), com as modificações propostas por Melhem et al. (2003), visando à observação em microscopia óptica. Mensurações foram realizadas usando-se o tambor micrométrico OLYMPUS OSM acoplado à ocular do microscópio OLYMPUS BX 50 do Núcleo de Pesquisa em Palinologia Instituto de Botânica. Foram tomadas aleatoriamente 25 medidas do eixo polar (EP) e equatorial (EE) nos grãos de pólen em vista equatorial. As medidas foram realizadas em grãos de pólen distribuídos em sete lâminas para cada espécie, visando uma uniformidade da amostra e, foram submetidas aos seguintes tratamentos estatísticos: média aritmética (\bar{x}), desvio padrão da média (s_x), desvio padrão da amostra (s), coeficiente de variabilidade (V%) e faixa

de variação (FV). As comparações das médias foram feitas através da análise do intervalo de confiança (IC) a 95% (VIEIRA, 1981). As medidas das dimensões das aberturas e da espessura das camadas da exina e dos elementos esculturais da exina foram feitas em 10 grãos de pólen tomados ao acaso e calculadas apenas as médias aritméticas (SALGADO-LABOURIAU, 1973).

As fotomicrografias dos grãos de pólen foram adquiridas digitalmente com o uso do microscópio óptico Olympus BX50, com câmera de vídeo (Olympus U-CMAD-2) conectada a um microcomputador utilizando-se o programa CellSens Standard 1.5 de 2011 para Windows. As eletromicrografias dos grãos de pólen, tratados previamente para remoção de *pollenkitt* (método da Dr Ortrud Monika Barth, comunicação pessoal), foram obtidas digitalmente no Complexo de Laboratórios Multiusuários da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), com o microscópio eletrônico de varredura FEG, modelo Mira 3/Tescan.

A terminologia palinológica respeitou a seqüência descritiva proposta por Barth e Melhem (1988) com relação ao tamanho, polaridade, forma e ornamentação da exina, sendo estes termos atualizados com o uso dos glossários de Punt et al. (2007) e Hesse et al. (2009). As classes de comprimento dos colpos basearam-se no índice da área polar que é obtido pela relação de distância entre as extremidades de duas aberturas adjacentes com a largura do eixo equatorial na vista polar (FAEGRI; IVERSEN, 1966).

Foi realizada a análise dos componentes principais (ACP) para avaliação das médias dos conjuntos de medidas de seis caracteres dos grãos de pólen: VEPP (vista equatorial eixo polar), VEEE (vista equatorial eixo equatorial), COLPO C (comprimento do colpo), COLPO L (largura do colpo), NEX (espessura da nexina) e SEX (espessura da sexina). Esta análise foi realizada utilizando-se os programas Fitopac (SHEPHERD, 1996) e PC-ORD versão 7 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

3 RESULTADOS

Os tamanhos dos grãos de pólen variaram entre pequeno, médio e grande, sendo os menores pertencentes a *Galium equisetoides* (16,5-19,5 μm) e os maiores pertencentes a *Coccocypselum condalia* (55,1-68,5 μm). São isopolares, suboblato a subprolato, âmbito subtriangular, quadrangular, circular ou elipsoidal. Quanto as aberturas, podem ser 2-3-4-porados, 3-4-colporados e 4-5-6-7-8-zonocolpados, cujas dimensões das aberturas variaram no comprimento de curto a muito longo, sendo a menor observada em *Galium hypocarpium* e *G. megapotamicum* (IAP=0,64) e a maior em *Chiococca alba* (IAP=0,13). Com relação a ornamentação, as espécies analisadas apresentaram exina reticulada, microreticulada, pilada, perfurada, equinada-perfurada ou microequinada-perfurada. A exina pode ser semitectada ou tectada perfurada. As malhas dos retículos e microretículos apresentaram muros simplicolumelados. Sexina sempre foi mais espessa que a nexina.

Amaioua guianensis (Ixoroideae)

FIGURAS 1A-C; 5A-B

Grãos de pólen de tamanho médio (25,3-37,3 μm) (TABELA 1), isopolares, âmbito subtriangular nos 3-porados (92% em MBM316201, 93% em MBM310799 e 95% em MBM212859) (FIGURA 1A), e quadrangular nos 4-porados (5% em MBM212859, 7% em 310799 e 8% em MBM316201) (FIGURA 5A), suboblato (TABELA 1), com poros circulares providos de ânulo (espessamento da exina semelhante a um anel ao redor do poro) (FIGURA 1A-C; TABELA 2). Exina reticulada heterobrocada, com muros interrompidos (FIGURAS 1B; 5A-B). A espessura da sexina é o dobro da nexina (FIGURA 1C; TABELA 2).

Distribuição geográfica: no Brasil ocorre nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Alagoas, Bahia, Pernambuco, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (FLORA DO BRASIL, 2020).

Domínios fitogeográficos: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

Bathysa australis (Ixoroideae)

FIGURAS 1D-F; 5C-D

Grãos de pólen de tamanho pequeno (17,3 – 24,6 μm), isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURAS 1D, 5C), oblato-esferoidais (TABELA 1), colpos largos e muito

longos com extremidades afiladas com ornamentação granulada (FIGURA 5D), endoaberturas lalongadas com extremidades afiladas (FIGURAS 1E, 5D; TABELA 2). Foi verificado nesta espécie grãos de pólen com um orifício de forma circular, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa (TABELA 2; FIGURA 1E). Exina tectada perfurada (FIGURA 5C-D). A sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 1F; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados da Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Cerrado, Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020)

Chiococca alba (Cinchonoideae)

FIGURAS 1G-I; 5E-G

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médios (22,9 - 35,0 μ m), isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURAS 1G, 5E), suboblato (EFC1500 e MBM191826) e oblato-esferoidais (MBM213538) (TABELA 1), colpos muito longos com extremidades arredondadas, (FIGURAS 1G, 5E-G), endoaberturas lalongadas recobertas com a sexina ornamentada (FIGURA 1 H; TABELA 2). Exina microequinada-perfurada (FIGURA 5E-G). A sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 1I; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados de Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Tocantins, Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal (Flora do Brasil, 2020).

Coccocypselum condalia (Rubioidae)

FIGURAS 1J-L; 2A-C; 5H-I

Grãos de pólen de tamanho médios a grandes (48,8 – 67,7 μ m) nos morfos brevistilos e médios (37,7 – 46,7) nos morfos longistilos, são isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURA 1J, M), suboblato no morfo brevistilo MBM266637 e oblato-esferoidais nos demais espécimes (TABELA 1), colpos longos e estreitos com com extremidades afiladas de difícil

visualização (FIGURAS 2K, N; 5H), endoaberturas lalongadas com extremidades afiladas (FIGURA 2K, N; TABELA 2), com leve constrição mediana no morfo brevistilo MBM218603 (FIGURA 1 N). Exina tectada perfurada, com pilos salientes dentro das perfurações, pilos de contorno irregular e agrupados (FIGURAS 2A-B; 5I). A sexina e a nexina possuem a mesma espessura nos morfos brevistilos, nos morfo longistilos a nexina é mais espessa que a sexina (FIGURAS 1L; 2C; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados de Roraima, Tocantins, Alagoas, Bahia, Pernambuco, Sergipe, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020).

Cordia concolor (Ixoroideae)

FIGURAS 2D-F; 5J-L

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médios (23,8 – 36,7 μm), isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURA 2D), suboblatos (MBM52968 e MBM68960) e oblato-esferoidais (MBM52972) (TABELA 1). Colpos muito longos com extremidades afiladas providos de margem fina (espessamento da sexina na região do colpo) (FIGURAS 2D-E; 5J), endoaberturas lalongadas com leve constrição mediana e extremidades angulosas (FIGURA 2E; TABELA 2). Foi verificado nesta espécie grãos de pólen com um orifício de forma circular, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa (FIGURA 2F; TABELA 2). Exina microreticulada heterobrocada (FIGURA 5J-L). A sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 2G; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados do Pará, Tocantins, Bahia, Pernambuco, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020).

Coussarea contracta (Rubioideae)

FIGURAS 2G-K; 6A-D

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médios nos morfos brevistilos (24,2-48,0 μm) e nos morfos longistilos (19,3 – 46,1 μm), são isopolares, âmbito subtriangular nos 3-porados

(1% em MBM359983, 52% em MBM301617, 8% em MBM51807 e 3% em MBM67825) (FIGURAS 2H; 6A) e elipsoidal nos 2-porados (99% em MBM359983, 48% em MBM301617, 92% em MBM51807 e 97% em MBM67825) (FIGURA 6C), prolatos (TABELA 1). Com poros circulares providos de ânulo (FIGURAS 2G, K; 6B; TABELA 2). Exina microreticulada (FIGURAS 2I-J; 6B, D), na região do ânulo as malhas são maiores (FIGURA 6B). A sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 2K; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020).

Declieuxia duseii (Rubioideae)

FIGURAS 2L-O; 3A-F; 6E-F

Grãos de pólen nos morfos brevistilos e longistilos são de tamanho médios (34,4 - 50,0 μm) são isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURAS 2L; 3B; 6E), oblato-esferoidais e prolato-esferoidais (TABELA 1), colpos longos e estreitos com extremidades afiladas de difícil visualização (FIGURAS 2M; 3D), endoaberturas lalongadas com extremidades afiladas (FIGURA 2M; TABELA 2). Exina tectada perfurada, com pilos salientes dentro das perfurações, pilos de contorno irregular agrupados (FIGURAS 3N-O; 6E-F). A sexina possui o dobro da espessura da nexina (FIGURA 3A; TABELA 2). Nos espécimes brevistilos e longistilos analisados foram encontrados grãos de pólen de tamanhos menores e deformados, cerca de 2/3 do tamanho do grão de pólen normal ou viável, sendo que morfos estudados possuem de 19% a 22% do total de grãos de pólen menores e deformados (FIGURA 3C, E).

Distribuição geográfica: ocorre em São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020).

Galium equisetoides (Rubioideae)

FIGURAS 3G-H; 6G-I

Grãos de pólen de tamanho pequeno (16,6 - 21,4 μm), isopolares, âmbito subcircular, 4-zonocolpado (10% em MBM54221 e 40% em MBM50689) e 5-zonocolpados (100% em MBM262652, 90% em MBM54221 e 60% em MBM50689) (FIGURAS 3G; 6G), prolato-

esferoidais (TABELA 1). Colpos ou colpoides (aberturas semelhantes a colpos, porém menores) com extremidades afiladas e de difícil visualização (FIGURAS 3H; 6G; TABELA 2). Exina microequinada-perfurada (FIGURA 6I). A sexina é mais espessa que a nexina (TABELA 2).

Distribuição geográfica: encontrada nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Mata Atlântica, Pampa (Flora do Brasil, 2020).

Galium hypocarpium (Rubioideae)

FIGURAS 3I-K; 6J-K

Grãos de pólen de tamanho pequeno (18,1 – 24,9 μm), isopolares, âmbito subcircular, 4-zonocolpado (20% em MBM84988), 5-zonocolpados (20% em MBM67821 e 80% em MBM84988) (FIGURA 3I), 6-zonocolpados (20% em MBM84988 e 80% em MBM67821) (FIGURA 6L), 7-zonocolpados (90% em 232941) e 8-zonocolpados (10% em MBM232941), oblato-esferoidais (MBM239141), prolato-esferoidais (MBM84988) e subprolatos (MBM67821) (TABELA 1). Colpos ou colpoides (aberturas semelhantes a colpos, porém menores) curtos a longos, com extremidades afiladas e de difícil visualização (FIGURAS 3K; 6J; TABELA 2). Exina microequinada-perfurada (FIGURA 6I). A sexina é mais espessa que a nexina (TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados da Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte, Distrito Federal, Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020.)

Domínios fitogeográficos: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa (Flora do Brasil, 2020).

Galium megapotamicum (Rubioideae)

FIGURA 3L-O

Grãos de pólen de tamanho pequeno (16,7 – 20,4 μm), isopolares, âmbito subcircular, 5-zonocolpados (60% em MBM304510 e 30% em MBM292751) (FIGURA 3L), 6-zonocolpados (70% em MBM292751 e 40% em MBM304510), oblato-esferoidais (TABELA 1). Colpos curtos ou colpoides (aberturas semelhantes a colpos, porém menores) com extremidades afiladas (FIGURA 3M; TABELA 2). Exina microequinada-perfurada (FIGURA 3N, O). A sexina é mais espessa que a nexina (TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Mata Atlântica, Pampa, Pantanal (Flora do Brasil, 2020).

Guettarda uruguensis (Cinchonoideae)

FIGURAS 4A-C; 7A-D

Grãos de pólen de tamanho médios (26,3 – 36,1 μm), isopolares, âmbito subtriangular nos 3-colporados (90% em EFC3320, 93% em EFC11806 e 97% em EFC3057) (FIGURAS 4^a; 7A), e quadrangular nos 4-colporados (3% em EFC3057, 7% em EFC11806 e 10% em EFC3320) (FIGURA 7B), oblato-esferoidais (TABELA 1). Colpos longos com extremidades afiladas (FIGURAS 4B; 7C), endoaberturas lalongadas com extremidades afiladas de difícil visualização (FIGURA 4B) ou circulares, provido de costa (FIGURA 4B-C; TABELA 2). Exina reticulada heterobrocada (FIGURA 7A-D). A sexina é três vezes mais espessa que a nexina (FIGURA 4C; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios fitogeográficos: Cerrado, Mata Atlântica, Pampa (Flora do Brasil, 2020).

Ixora venulosa (Ixoroideae)

FIGURAS 4D-H; 7E-G

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médios (23,6 – 33,6 μm), isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURAS 4D; 6E), oblato-esferoidais (MBM322193 e MBM342330) e prolato-esferoidais (MBM171359) (TABELA 1). Colpos muito longos com extremidades afiladas de difícil visualização (FIGURAS 4E, G; 7E-F), endoaberturas lalongadas com extremidades afiladas (FIGURA 4E; TABELA 2). Foi verificado nos grãos de pólen um orifício de forma circular, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa (FIGURA 4E; TABELA 2). Exina microreticulada (FIGURAS 4F-G; 7E-G). A sexina é mais espessa que a nexina (FIGURA 4H; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios Fitogeográficos: Cerrado, Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020).

Posoqueria latifolia (Ixoroideae)

FIGURAS 4I-L; 7H-L

Grãos de pólen de tamanho grande (49,1 - 77,5 μ m), isopolares, âmbito subtriangular, 3-colporados (FIGURAS 4I; 7H) e quadrangulares nos 4-colporados (FIGURAS 4J; 7I), suboblato (TABELA 1). Colpos longos e largos com extremidades afiladas (FIGURAS 4K; 7J), endoaberturas alongadas com extremidades afiladas (FIGURA 4K; TABELA 2). Foi verificado nos grãos de pólen um orifício de forma circular, bem delimitado na região de intersecção da endoabertura com o colpo, e provido de costa (FIGURAS 4K; 7J; TABELA 2). Exina reticulada heterobrocada, com inúmeros pilos dentro dos lumens, malhas menores nos polos (FIGURA 7G-K). A sexina é mais espessa que a nexina (FIGURAS 4L; 7L; TABELA 2).

Distribuição geográfica: ocorre nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Alagoas, Bahia, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Flora do Brasil, 2020).

Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal (Flora do Brasil, 2020).

TABELA 1 - MEDIDAS (μm) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE AMAIOUA, BATHYSA, CHIOCOCCA, COCCOCYPSELUM, CORDIERA, COUSSAREA, DECLIEUXIA, GALIUM, GUETTARDA, IXORA E POSOQUERIA (RUBIACEAE) NA VISTA EQUATORIAL (N = 25).

Táxons	Eixo Polar Faixa de variação	$x \pm sx$	IC 95%	Eixo Equatorial Faixa de variação	$x \pm sx$	IC 95%	Tamanho	P/E	Forma
<i>Amaioua guianensis</i> MBM212859	25,7-30,7	28,1 \pm 0,3	27,5-28,6	30,0-36,5	33,0 \pm 0,3	32,4-33,5	médio	0,85	suboblato
<i>A. guianensis</i> MBM310799	25,7-30,9	28,2 \pm 0,3	27,6-28,8	30,0-37,3	33,2 \pm 0,4	32,5-34,0	médio	0,84	suboblato
<i>A. guianensis</i> MBM316201	25,3-31,3	27,7 \pm 0,3	27,1-28,4	29,0-35,5	32,5 \pm 0,4	31,8-33,3	médio	0,85	suboblato
<i>Bathysa australis</i> MBM10305	17,3-21,5	19,4 \pm 0,2	18,9-19,9	20,0-24,3	27,1 \pm 0,2	21,2-22,2	pequeno	0,89	oblato-esferoidal
<i>B. australis</i> MBM148513	17,4-21,4	19,1 \pm 0,2	18,7-19,6	20,0-24,3	21,7 \pm 0,2	21,1-22,2	pequeno	0,88	oblato-esferoidal
<i>B. australis</i> MBM156123	19,6-22,3	21,2 \pm 0,2	20,9-21,5	20,0-24,6	21,4 \pm 0,2	21,0-21,8	pequeno	0,97	oblato-esferoidal
<i>Chiococca alba</i> EFC1500	22,9-26,8	24,9 \pm 0,2	24,5-25,3	28,9-34,5	31,3 \pm 0,3	30,7-32,0	pequeno/médio	0,79	suboblato
<i>C. alba</i> MBM191826	23,4-29,5	26,5 \pm 0,3	25,8-27,1	28,0-35,0	31,6 \pm 0,4	30,9-32,4	pequeno/médio	0,83	suboblato
<i>C. alba</i> MBM213538	24,7-29,4	26,6 \pm 0,3	26,2-27,0	26,5-31,8	29,1 \pm 0,2	28,6-29,6	pequeno/médio	0,99	oblato-esferoidal
<i>Coccocypselum condalia</i> MBM51673 B	55,1-68,5	63,3 \pm 0,8	61,6-65,0	48,8-67,7	57,7 \pm 0,8	56,0-59,4	grande	1,41	prolato-esferoidal
<i>C. condalia</i> MBM266637 B	48,8-54,6	52,2 \pm 0,4	51,5-53,0	55,5-63,6	60,4 \pm 0,5	59,3-61,6	grande	0,86	suboblato
<i>C. condalia</i> MBM218603 L	41,4-45,8	43,8 \pm 0,5	42,8-44,8	38,5-45,7	40,3 \pm 1,3	37,7-42,9	médio	1,08	prolato-esferoidal
<i>C. condalia</i> MBM377023 L	41,4-45,8	44,0 \pm 0,4	43,3-44,8	34,7-44,7	43,6 \pm 1,5	40,6-46,7	médio	1,00	prolato-esferoidal
<i>Cordia concolor</i> MBM52968	27,2-32,8	29,3 \pm 0,2	28,9-29,8	32,4-39,6	36,1 \pm 0,3	35,4-36,7	médio	0,81	suboblato
<i>C. concolor</i> MBM52972	29,1-34,7	32,0 \pm 0,3	31,4-32,6	32,5-38,0	35,5 \pm 0,3	34,8-36,2	médio	0,90	oblato-esferoidal
<i>C. concolor</i> MBM68960	23,8-32,3	28,7 \pm 0,4	27,9-29,5	31,1-37,4	35,1 \pm 0,3	34,4-35,7	médio	0,81	suboblato
<i>Coussarea contracta</i> MBM301617 B	37,8-42,9	40,4 \pm 0,2	39,9-40,9	22,4-31,4	24,2 \pm 1,1	21,7-26,7	pequeno/médio	1,66	prolato
<i>C. contracta</i> MBM359983 B	40,5-57,5	48,0 \pm 0,9	46,1-49,9	23,7-35,0	29,6 \pm 0,6	28,3-30,9	médio/grande	1,65	prolato
<i>C. contracta</i> MBM67825 L	27,8-38,0	31,9 \pm 0,4	31,1-32,7	16,0-23,2	19,3 \pm 0,3	18,6-20,0	pequeno/médio	1,65	prolato
<i>C. contracta</i> MBM351807 L	33,4-46,1	38,7 \pm 0,6	37,5-39,8	22,1-27,1	24,7 \pm 0,3	24,1-25,4	pequeno/médio	1,59	prolato
<i>Declieuxia dusenni</i> MBM222702 B	37,9-50,0	42,6 \pm 0,6	41,5-43,8	40,8-48,4	47,7 \pm 0,8	46,1-49,3	médio	0,89	oblato-esferoidal
<i>D. dusenni</i> MBM112877 L	38,6-45,2	41,8 \pm 0,3	41,2-42,5	39,0-45,3	41,8 \pm 0,3	41,1-42,5	médio	0,98	oblato-esferoidal
<i>D. dusenni</i> MBM206679 L	34,5-47,5	41,1 \pm 0,7	39,7-42,6	37,4-41,7	40,9 \pm 0,5	39,8-41,9	médio	1,00	prolato-esferoidal
<i>D. dusenni</i> MBM388698 L	35,5-41,8	39,2 \pm 0,3	38,6-39,8	31,6-35,9	35,0 \pm 0,3	34,4-35,6	médio	1,12	prolato-esferoidal
<i>Galium equisetoides</i> MBM54221	19,0-21,4	20,6 \pm 0,2	20,2-21,0	18,0-20,6	19,4 \pm 0,2	19,1-19,7	pequeno	1,06	prolato-esferoidal
<i>G. equisetoides</i> MBM50689	18,7-20,5	20,0 \pm 0,1	19,7-20,3	15,2-21,0	18,2 \pm 0,3	17,6-18,8	pequeno	1,09	prolato-esferoidal
<i>G. equisetoides</i> MBM262652	16,6-19,5	18,4 \pm 0,2	17,9-18,9	14,6-18,4	16,9 \pm 0,2	16,5-17,3	pequeno	1,08	prolato-esferoidal
<i>G. hypocarpium</i> MBM67821	19,3-24,9	22,5 \pm 0,3	21,9-23,0	16,6-21,9	19,1 \pm 0,2	18,6-19,6	pequeno	1,17	subprolato

<i>G. hypocarpium</i> MBM84988	18,0-22,7	22,1±0,3	21,4-22,9	19,3-24,9	21,9±0,3	21,2-22,6	pequeno	1,01	prolato-esferoidal
<i>G. hypocarpium</i> MBM239141	18,1-21,3	19,5±0,2	19,2-19,8	18,4-22,7	20,1±0,2	19,7-20,6	pequeno	0,97	oblato-esferoidal
<i>G. megapotamicum</i> MBM292751	17,0-20,4	18,7±0,2	18,4-19,1	17,6-19,9	19,0±0,1	18,7-19,2	pequeno	0,98	oblato-esferoidal
<i>G. megapotamicum</i> MBM304510	16,6-18,9	18,7±0,2	18,4-19,1	16,1-21,1	18,7±0,2	18,2-19,2	pequeno	1,00	oblato-esferoidal
<i>Guettarda uruguensis</i> EFC3057	26,3-31,6	29,7±0,2	29,2-30,2	30,9-34,6	33,0±0,2	32,6-33,4	médio	0,90	oblato-esferoidal
<i>G. uruguensis</i> EFC3320	27,0-33,0	29,6±0,3	29,0-30,2	29,7-35,8	32,3±0,3	31,6-32,9	médio	0,91	oblato-esferoidal
<i>G. uruguensis</i> EFC11806	27,2-36,1	30,7±0,4	29,8-31,5	30,6-37,7	33,4±0,4	32,6-34,2	médio	0,91	oblato-esferoidal
<i>Ixora venulosa</i> MBM171359	25,4-33,3	29,1±0,3	28,4-29,8	26,5-30,4	28,5±0,3	27,9-29,0	médio	1,02	prolato-esferoidal
<i>I. venulosa</i> MBM322193	24,9-29,1	26,8±0,3	26,3-27,3	26,5-30,6	28,6±0,3	28,0-29,2	médio	0,93	oblato-esferoidal
<i>I. venulosa</i> MBM342330	23,6-28,1	25,9±0,2	25,5-26,4	24,9-30,4	28,2±0,3	27,5-28,8	pequeno/médio	0,91	oblato-esferoidal
<i>Posoqueria. latifolia</i> EFC329	49,1-67,2	57,3±0,7	55,8-58,8	63,6-77,5	68,0±0,7	66,6-69,5	grande	0,84	suboblato
<i>P. latifolia</i> MBM148519	57,8-75,5	63,0±0,7	61,5-64,5	72,5-80,6	74,5±0,8	72,7-76,2	grande	0,84	suboblato
<i>P. latifolia</i> MBM43455	52,7-69,0	58,2±0,7	56,7-59,7	59,2-71,0	66,7±0,8	65,1-68,3	grande	0,87	suboblato

FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: LONGISTILO (L), BREVESTILO (B), MÉDIA ARITMÉTICA (x), DESVIO PADRÃO DA MÉDIA (sx), INTERVALO DE CONFIANÇA A 95% (IC), (P/E) FORMA DEFINIDA COM BASE NA RAZÃO DO COMPRIMENTO DO EIXO POLAR (P) E EIXO EQUATORIAL (E).

TABELA 2 - MEDIDAS (μm) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *AMAIOUA*, *BATHYSA*, *CHIOCOCCA*, *COCCOCYPSELUM*, *CORDIERA*, *COUSSAREA*, *DECLIEUXIA*, *GALUM*, *GUETTARDA*, *IXORA* E *POSOQUERIA* (RUBIACEAE) EM VISTA EQUATORIAL (N = 10).

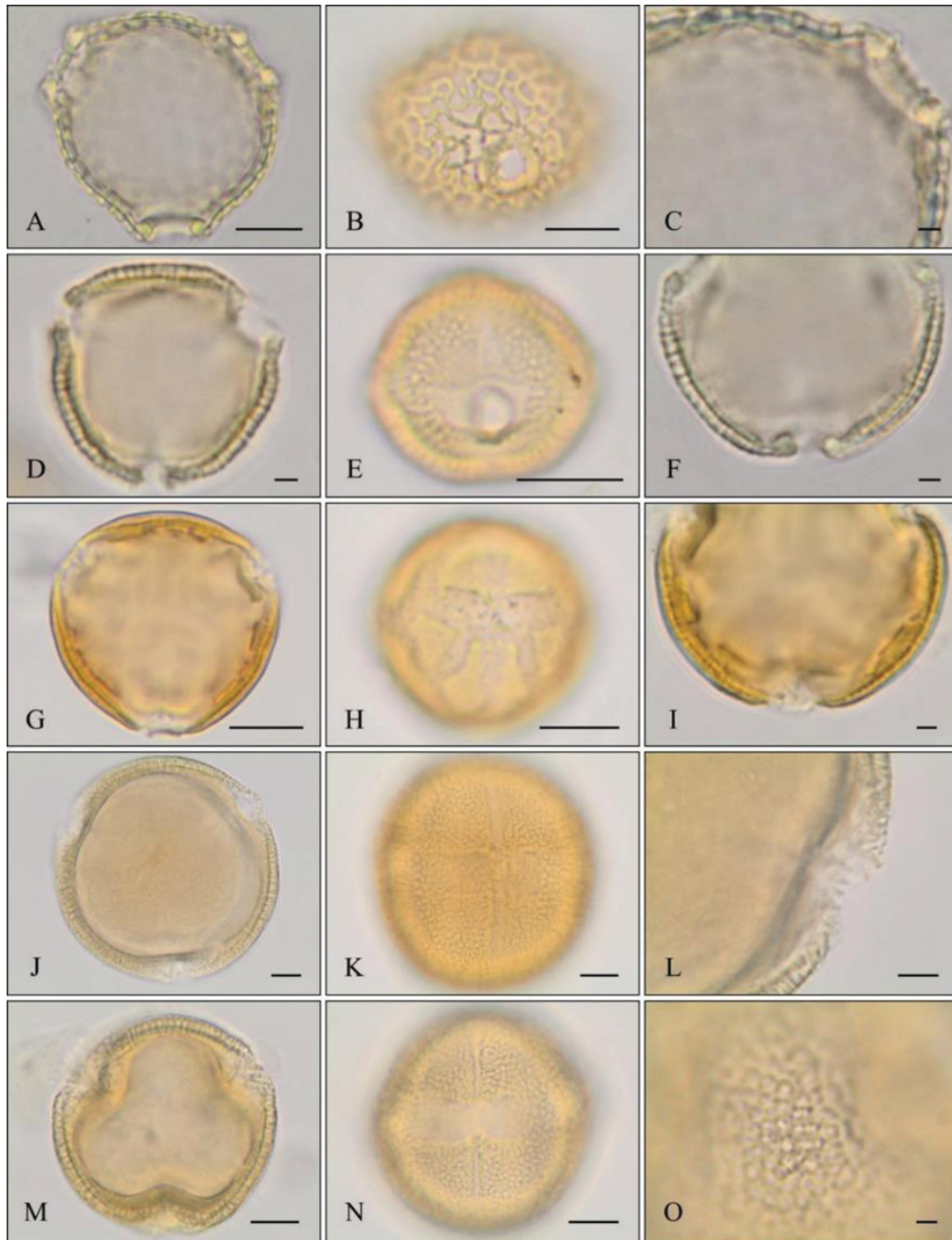
Espécies	Colpo		Poros	Ânulo	Endoabertura		Costa		Orifício		Camadas da exina		IAP	Classes de comp. do colpo	Área polar	
	Comp.	Larg.			Comp.	Larg.	Comp.	Larg.	Comp.	Larg.	Comp.	Larg.				Comp.
<i>Amaioua guianensis</i> MBM212859	-	-	5,34	2,40	-	-	-	-	-	-	1,07	0,62	0,62	0,62	poro	
<i>A. guianensis</i> MBM310799	-	-	3,97	2,28	-	-	-	-	-	-	1,11	0,49	0,65	0,65	poro	
<i>A. guianensis</i> MBM316201	-	-	4,96	2,30	-	-	-	-	-	-	1,00	0,56	0,62	0,62	poro	
<i>Bathysa australis</i> MBM10305	14,61	3,41	-	1,15	6,11	15,94	-	4,49	3,31	0,79	0,51	0,48	0,20	0,20	Colpo muito longo	
<i>B. australis</i> MBM148513	14,72	4,04	-	1,20	4,04	14,07	-	4,44	3,40	0,78	0,48	0,25	0,25	0,25	Colpo muito longo	
<i>B. australis</i> MBM156123	17,47	4,64	-	1,08	5,47	16,26	-	4,44	3,40	1,10	0,61	0,18	0,18	0,18	Colpo muito longo	
<i>Chiococca alba</i> EFC1500	18,72	7,43	-	-	7,26	-	-	-	-	1,15	0,64	0,13	0,13	0,13	Colpo muito longo	
<i>C. alba</i> MBM191826	17,4	4,71	-	-	7,25	19,34	-	-	-	0,98	0,66	0,15	0,15	0,15	Colpo muito longo	
<i>C. alba</i> MBM213538	21,67	6,38	-	-	6,64	-	-	-	-	0,97	0,64	0,16	0,16	0,16	Colpo muito longo	
<i>Coccocypselum condalia</i> MBM51673 B	42,26	3,05	-	-	9,65	35,16	-	-	-	1,99	1,71	0,37	0,37	0,37	Colpo longo	
<i>C. condalia</i> MBM266637 B	36,58	5,76	-	-	14,79	30,75	-	-	-	2,10	1,60	0,45	0,45	0,45	Colpo longo	
<i>C. condalia</i> MBM218603 L	30,24	2,43	-	-	7,24	25,16	-	-	-	1,23	1,63	0,47	0,47	0,47	Colpo longo	
<i>C. condalia</i> MBM377023 L	33,13	2,77	-	-	10,96	26,52	-	-	-	1,49	1,60	0,36	0,36	0,36	Colpo longo	
<i>Cordiera concolor</i> MBM5483	21,87	2,77	-	-	8,18	12,35	1,85	3,90	3,27	1,12	0,59	0,34	0,34	0,34	Colpo longo	
<i>C. concolor</i> MBM52972	23,86	3,09	-	-	8,30	13,21	1,94	5,94	5,83	1,06	0,56	0,34	0,34	0,34	Colpo longo	
<i>C. concolor</i> MBM68960	20,66	2,83	-	-	13,40	11,23	1,46	4,08	4,29	1,28	0,58	0,28	0,28	0,28	Colpo longo	
<i>Coussarea contracta</i> MBM301617 B	-	-	12,50	4,47	-	-	-	-	-	0,99	0,86	0,70	0,70	0,70	poro	
<i>C. contracta</i> MBM359983 B	-	-	12,00	2,03	-	-	-	-	-	1,03	1,00	0,74	0,74	0,74	poro	
<i>C. contracta</i> MBM67825 L	-	-	10,63	2,13	-	-	-	-	-	1,01	0,70	0,73	0,73	0,73	poro	
<i>C. contracta</i> MBM351807 L	-	-	12,42	2,61	-	-	-	-	-	1,06	0,93	0,66	0,66	0,66	poro	
<i>Declieuxia dusemii</i> MBM222702 B	35,94	6,60	-	-	10,30	26,19	-	-	-	2,25	0,83	0,35	0,35	0,35	Colpo longo	
<i>D. dusemii</i> MBM112877 L	34,66	3,13	-	-	10,99	21,88	-	-	-	2,17	0,93	0,31	0,31	0,31	Colpo longo	
<i>D. dusemii</i> MBM206679 L	31,48	7,18	-	-	9,68	22,47	-	-	-	2,75	0,94	0,34	0,34	0,34	Colpo longo	

<i>D. dusseii</i> MBM388698 L	20,03	10,10	-	-	5,06	29,07	-	-	2,04	0,83	0,42	Colpo longo
<i>Galium equisetoides</i> MBM54221	14,46	2,14	-	-	-	-	-	-	0,84	0,56	0,50	Colpo curto (colpoide)
<i>G. equisetoides</i> MBM50689	15,88	1,90	-	-	-	-	-	-	1,08	0,74	0,57	Colpo curto (colpoide)
<i>G. equisetoides</i> MBM262652	14,46	2,14	-	-	-	-	-	-	0,84	0,56	0,50	Colpo curto (colpoide)
<i>G. hypocarpium</i> MBM67821	16,33	1,65	-	-	-	-	-	-	1,06	0,60	0,58	Colpo curto (colpoide)
<i>G. hypocarpium</i> MBM84988	16,44	1,93	-	-	-	-	-	-	1,14	0,79	0,47	Colpo longo (colpoide)
<i>G. hypocarpium</i> MBM239141	14,50	1,77	-	-	-	-	-	-	1,03	0,68	0,64	Colpo curto (colpoide)
<i>G. megapotamicum</i> MBM292751	13,58	1,80	-	-	-	-	-	-	0,90	0,59	0,64	Colpo curto (colpoide)
<i>G. megapotamicum</i> MBM304510	13,95	2,34	-	-	-	-	-	-	0,91	0,61	0,60	Colpo curto (colpoide)
<i>Guettarda uruguensis</i> EFC3057	18,00	3,19	-	-	2,88	-	1,24	-	2,14	0,62	0,40	Colpo longo
<i>G. uruguensis</i> EFC3320	13,45	3,86	-	-	2,71	-	1,50	-	2,20	0,60	0,39	Colpo longo
<i>G. uruguensis</i> EFC11806	15,24	4,28	-	-	2,80	-	1,26	-	2,09	0,56	0,46	Colpo longo
<i>Ixora venulosa</i> MBM171359	23,07	3,21	-	-	4,02	17,08	1,10	4,07	0,94	0,61	0,24	Colpo muito longo
<i>I. venulosa</i> MBM322193	21,72	4,02	-	-	5,21	18,57	1,61	4,36	0,82	0,65	0,20	Colpo muito longo
<i>I. venulosa</i> MBM342330	20,48	3,43	-	-	4,54	15,75	1,00	3,45	0,92	0,74	0,26	Colpo longo
<i>Posoqueria latifolia</i> EFC329	38,68	16,09	-	-	6,88	9,04	3,65	-	3,19	1,12	0,30	Colpo longo
<i>P. latifolia</i> MBM148519	38,86	17,06	-	-	12,79	13,93	2,64	-	3,50	1,16	0,46	Colpo longo
<i>P. latifolia</i> MBM43455	24,43	11,11	-	-	4,70	6,35	2,94	-	3,40	1,20	0,36	Colpo longo

FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: LONGISTILO (L), BREVISTILO (B), COMPRIMENTO (COMP.), LARGURA (LARG.), ÍNDICE DO APOCOLPO OU ÍNDICE DA ÁREA POLAR (IAP), É A RAZÃO ENTRE A DISTÂNCIA ENTRE O ÁPICE DE DOIS COLPOS DO GRÃO DE PÓLEN ZONOCOLPADO AO SEU EIXO EQUATORIAL.

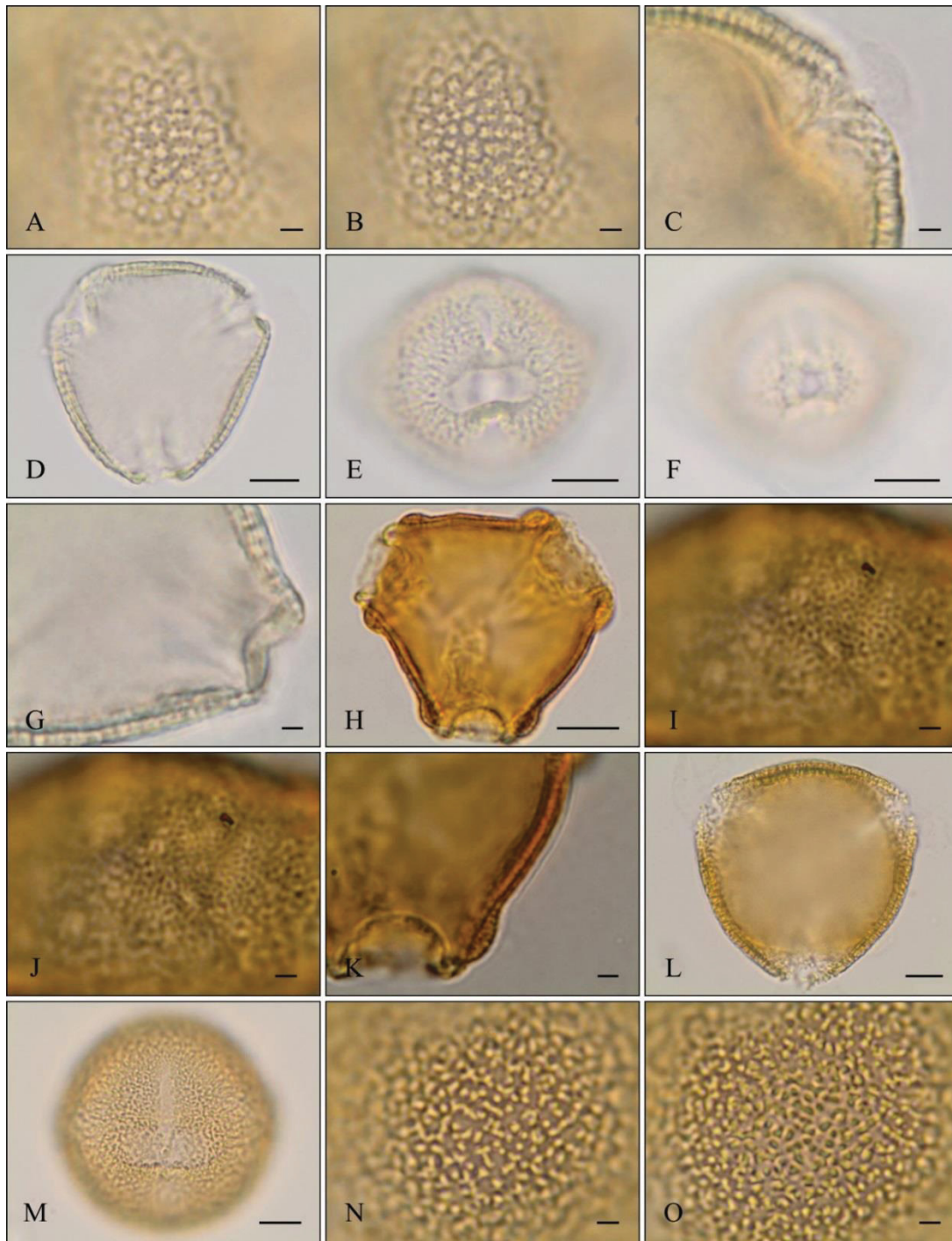
FIGURA 1 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *AMAIOUA*, *BATHYSA*, *CHIOCOCCA*, *COCCOCYPSELUM*.



FONTE: O autor (2018).

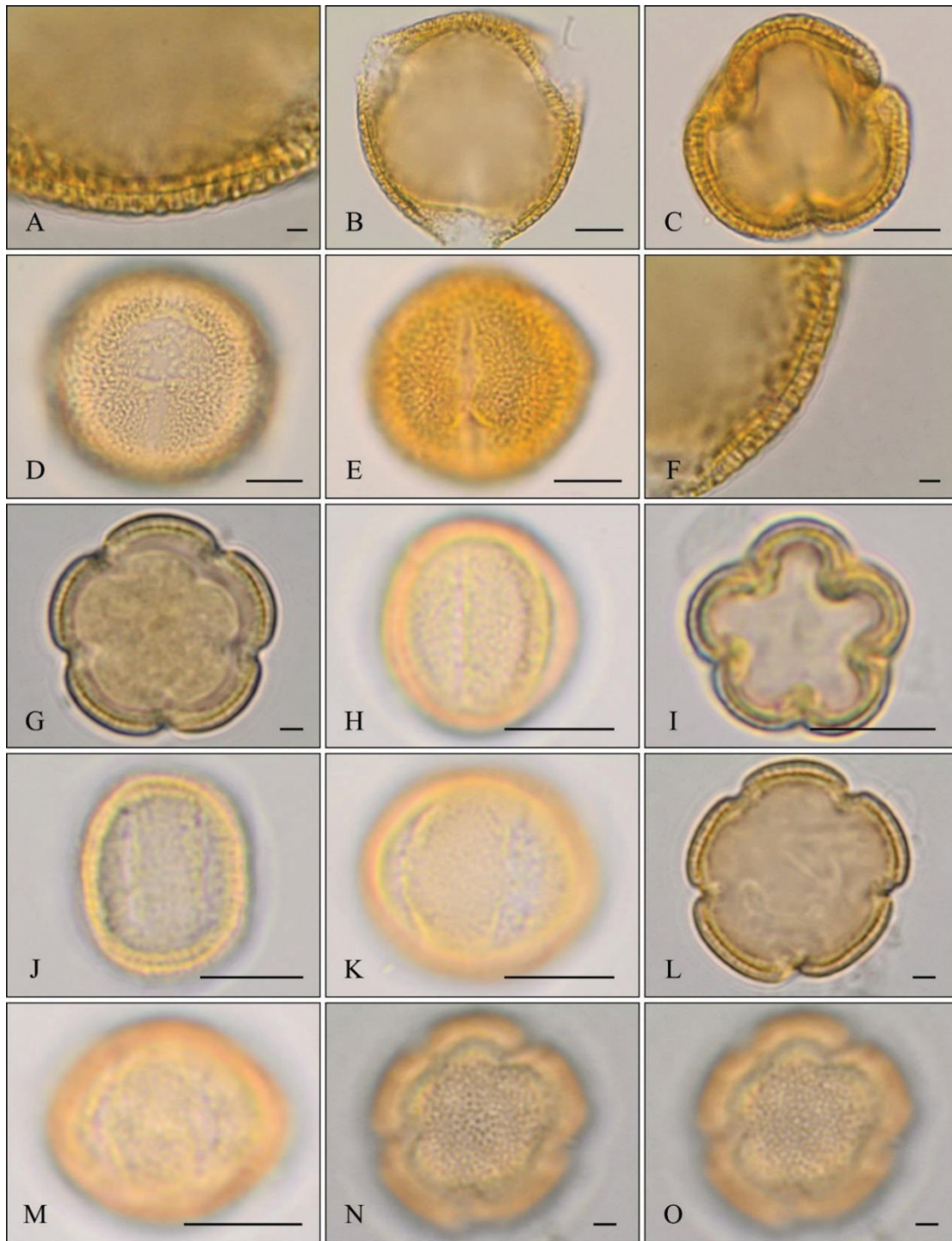
LEGENDA: A-C. *Amaioua guianensis*. A. Vista polar grão de pólen 3-porado (MBM212859). B. Vista equatorial, evidenciando o poro (MBM310799). C. Detalhe corte óptico (MBM212859). D-F. *Bathysa australis*. D. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM10305). E. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM10305). F. Detalhe corte óptico (MBM156123). G-I. *Chiococca alba*. G. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM191826). H. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM213538). I. Detalhe corte óptico (MBM213538). J-L. *Coccocypselum condalia* – morfo brevistilo. J. Vista polar, grãos de pólen 3-colporado (MBM51673). K. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM51673). L. Detalhe corte óptico (MBM51673) – morfo longistilo. M. Vista polar grão de pólen 3-colporado (MBM218603). N. Vista equatorial, evidenciando o colporo e a endoabertura (MBM218603). O. Detalhe L.O 1 (MBM218603). Barras de escala –10 μm (A, B, E, G, J, K, M, N), 5 μm (L), 2 μm (C, D, F, I, O).

FIGURA 2 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *COCCOCYPSELUM*, *CORDIERA*, *COUSSAREA* E *DECLIEUXIA*.



FONTE: O autor (2018).

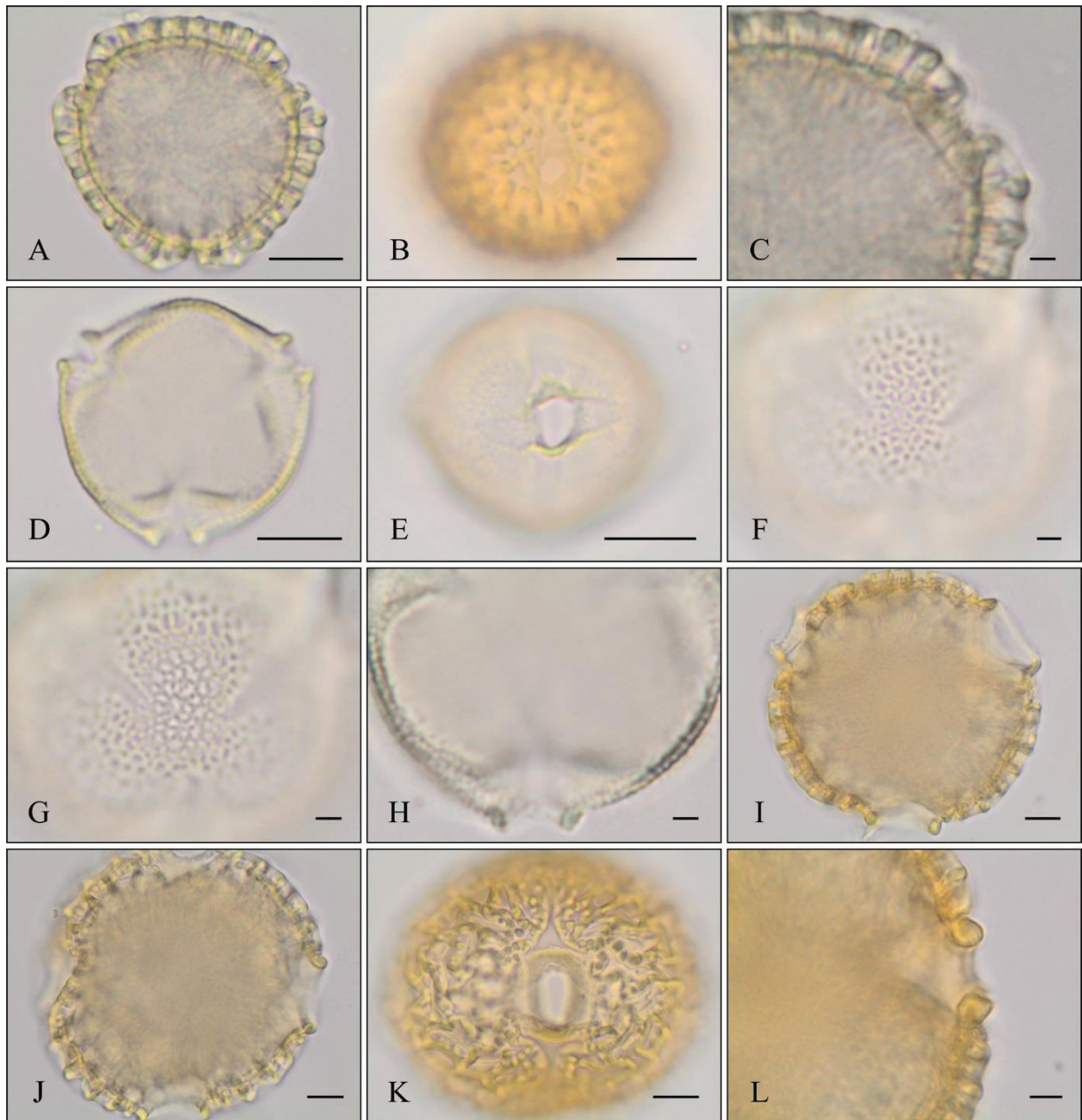
LEGENDA: A-C. *Coccocypselum condalia* – morfo longistilo. A. Detalhe L.O 1 (MBM218603). B. Detalhe L.O 2 (MBM218603). C. Detalhe corte óptico (MBM218603). D-G. *Cordiera concolor*. D. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM5483). E. Vista equatorial, evidenciando a endoabertura (MBM68960). F. Detalhe orifício da endoabertura e costa (MBM68960). G. Detalhe corte óptico (MBM156123). H-K. *Coussarea contracta* – morfo brevistilo. H. Vista polar, grão de pólen 3-porado (MBM301617). I. Detalhe L.O 1 (MBM301617). J. Detalhe L.O 2 (MBM301617). K. Detalhe corte óptico (MBM301617). L-O. *Declieuxia dusenii* – morfo brevistilo. L. Vista polar grão de pólen 3-colporado (MBM222702). M. Vista equatorial, evidenciando o colporo e a endoabertura (MBM222702). N. Detalhe L.O 1 (MBM222702). O. Detalhe L.O 2 (MBM222702). Barras de escala –10 µm (D, E, F, H, L, M), 2 µm (A, B, C, G, I, J, K, N, O).

FIGURA 3 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *DECLIEUXIA* E *GALIUM*.

FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-F. *Declieuxia dusenii* – morfo brevistilo. A. Detalhe corte óptico (MBM222702). B-F. morfo longistilo. B. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM388698). C. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM388698). D. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM388698). E. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM388698). F. Detalhe corte óptico (MBM388698). G-H. *Galium equisetoides*. G. Vista polar grão de pólen 5-zonocolpado (MBM54221). H. Vista equatorial, evidenciando o colpo (MBM54221). I-K. *Galium hypocarpium*. I. Vista polar, grão de pólen 5-zonocolpado (MBM67821). J. Vista equatorial, evidenciando os colpos (MBM67821). K. Vista equatorial, evidenciando os colpos (MBM84988). L-O. *Galium megapotamicum*. L. Vista polar, grão de pólen 5-zonocolpado (MBM292751). M. Vista equatorial, evidenciando os colpos (MBM292751). N. Detalhe L.O 1 (MBM292751). O. Detalhe L.O 2 (MBM292751). Barras de escala –10 μm (B, C, D, E, H, I, J, K, M), 2 μm (A, F, G, L, N, O).

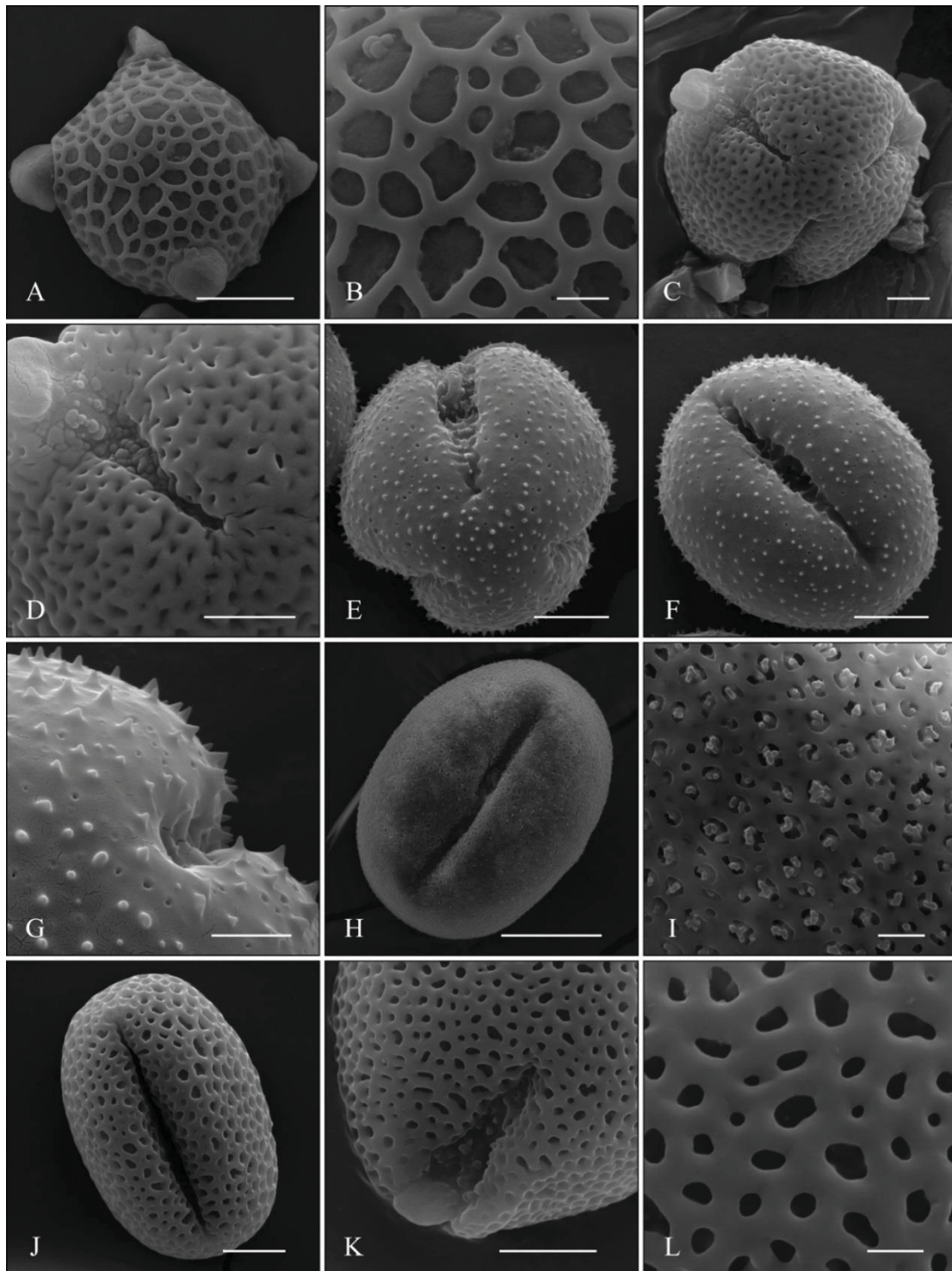
FIGURA 4 - FOTOMICROGRAFIAS (MO) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *GUETTARDA*, *IXORA* E *POSOQUERIA*.



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-B. *Guettarda uruguensis*. A. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (EFC3057). B. Detalhe colpo (EFC3220). C. Detalhe corte óptico, evidenciando a costa (EFC3057). D-H. *Ixora venulosa*. D. Vista polar grão de pólen 3-colporado (MBM322193). E. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM322193). F. Detalhe L.O 1 (MBM322193). G. Detalhe L.O 2 (MBM322193). H. Detalhe corte óptico (MBM322193). I-L. *Posoqueria latifolia*. I. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM148519). J. Vista polar, grão de pólen 4-colporado (MBM148519). K. Vista equatorial, evidenciando as aberturas (MBM43455). L. Detalhe corte óptico (MBM43455). Barras de escala – 10 μm (A, B, D, E, I, J, K), 5 μm (L), 2 μm (C, F, G, H).

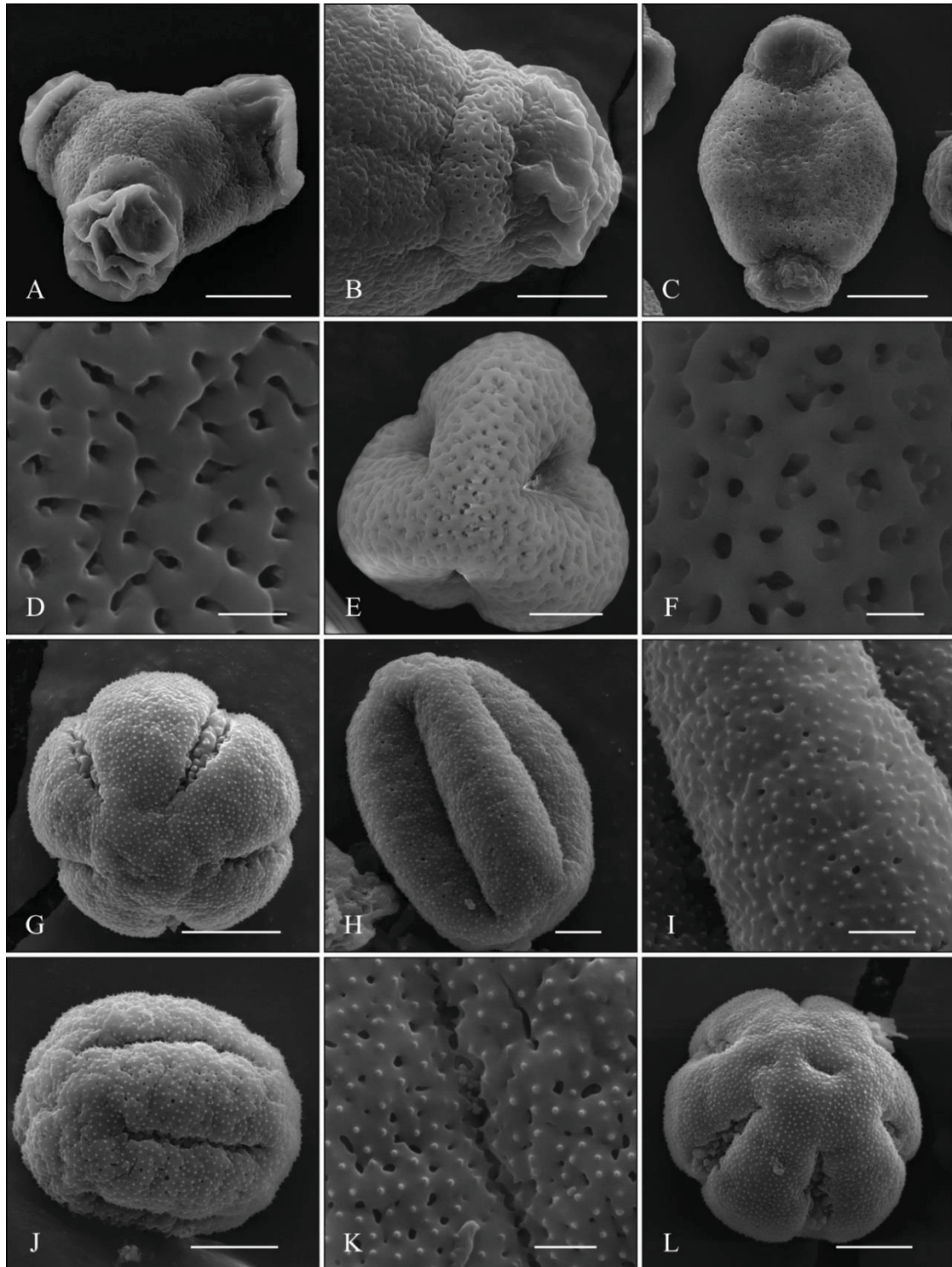
FIGURA 5 - IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *AMAIOUA*, *BATHYSA*, *CHIOCocca*, *COCCOCYPSELUM*.



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-B. *Amaioua guianensis*. A. Vista polar, grão de pólen 4-porado (MBM316201). B. Detalhe ornamentação (MBM316201). C-D. *Bathysa australis*. C. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM10305). D. Detalhe ornamentação, região do colpo (MBM10305). E-G. *Chiococca alba*. E. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM213538). F. Vista equatorial, evidenciando o colpo (MBM213538). G. Detalhe ornamentação (MBM213538). H-I. *Coccocypselum condalia* – morfo brevistilo. H. Vista equatorial, evidenciando o colpo (MBM51673). I. Detalhe ornamentação (MBM51673). J-L. *Cordiaera concolor*. J. Vista equatorial, evidenciando o colpo (MBM52972). K. Detalhe colpo (MBM68960) L. Detalhe ornamentação (MBM68960). Barras de escala – 20 µm (H), 10 µm (A), 5 µm (E, F, J, K), 2 µm (B, C, D, I, G), 1 µm (L).

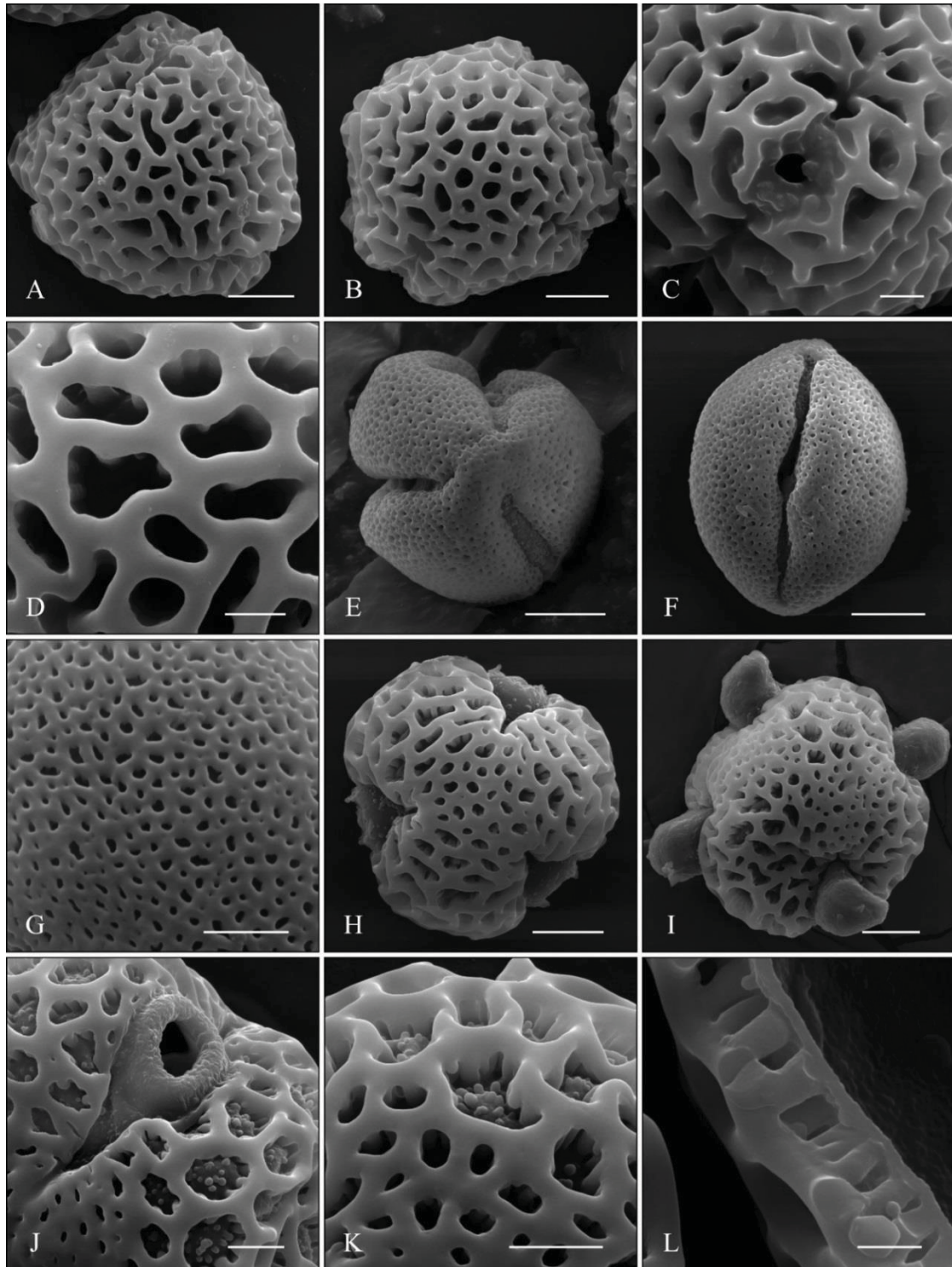
FIGURA 6 - IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *COUSSAREA*, *DECLIEUXIA*, *GALIUM*.



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-D. *Coussarea contracta* - morfo brevistilo. A. Vista polar, grão de pólen 3-porado (MBM301617). B. Detalhe ornamentação e ânulo (MBM67825). C. Vista polar, grão de pólen 2-porado (MBM351807). D. Detalhe ornamentação (MBM351807). E-F. *Declieuxia dusenii* - morfo longistilo. E. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM388698). F. Detalhe ornamentação (MBM388698). G-I. *Galium equisetoides*. G. Vista polar, grão de pólen 5-zonocolpado (MBM54221). H. Vista equatorial, evidenciando o colpo (MBM262652). I. Detalhe ornamentação (MBM262652). J-K. *Galium hypocarpium*. J. Vista equatorial, evidenciando o colpo (MBM67821). K. Detalhe ornamentação (MBM67821). L. Vista polar, grãos de pólen 6-zonocolpados (MBM84988). Barras de escala - 10 µm (A, C), 5 µm (B, E, G, J, L), 2 µm (H), 1 µm (D, F, I, K).

FIGURA 7 - IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *GUETTARDA*, *IXORA* E *POSOQUERIA*.



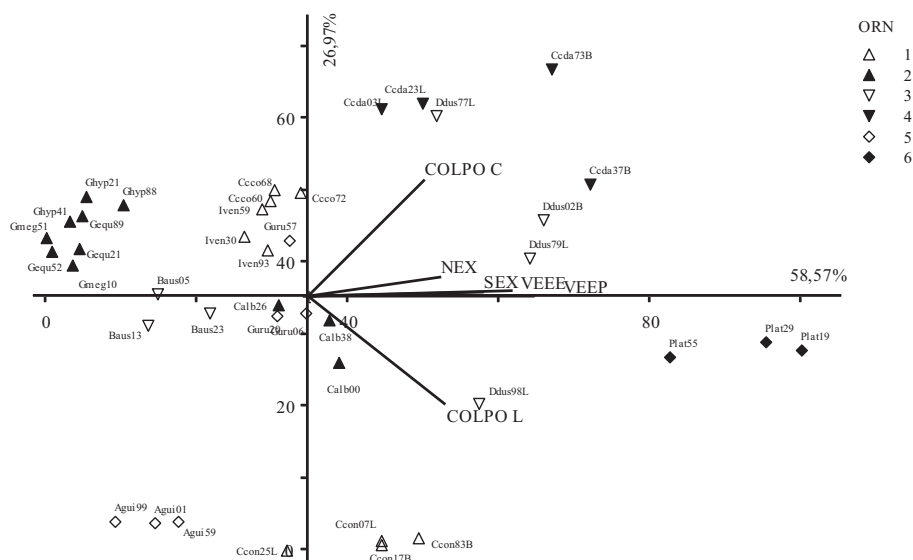
FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: A-D. *Guettarda uruguensis*. A. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (EFC3320). B. Vista polar, grão de pólen 4-colporado (EFC3320). C. Detalhe colpo (EFC3057). D. Detalhe ornamentação (EFC3057). E-G *Ixora venulosa*. E. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (MBM171359). F. Vista equatorial, detalhe colpo (MBM171359). G. Detalhe ornamentação (MBM322193). H-L. *Posoqueria latifolia*. H. Vista polar, grão de pólen 3-colporado (EFC329). I. Vista polar, grão de pólen 4-colporado (EFC329). J. Detalhe colpo (EFC329). K. Detalhe ornamentação (EFC329). L. Detalhe exina (EFC329). Barras de escala – 10 μm (H, I), 5 μm (A, B, E, F, J, K), 2 μm (C, D, G, L).

3.1 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Cinco grupos de grãos de pólen de *Amaioua*, *Bathysa*, *Chiococca*, *Coccocypselum*, *Cordia*, *Coussarea*, *Declieuxia*, *Galium*, *Guettarda*, *Ixora* e *Posoqueria* foram formados pela ACP com base nas oito variáveis métricas (FIGURA 8). A variabilidade polínica entre as espécies e espécimes compreendeu 85,54% nos dois primeiros eixos da ACP. O primeiro eixo somou 58,59% da variância de acordo com os valores altamente correlacionados ao eixo polar em vista equatorial (VEEP), eixo equatorial em vista equatorial (VEEE) e espessura da sexina (SEX) e da nexina (NEX). O segundo componente explicou 26,97% da variabilidade dos dados, relacionados a largura do colpo (COLPO L) e comprimento do colpo (TABELA 3). As espécies do gênero *Galium* estão posicionados no lado superior esquerdo do gráfico e apresentam os menores grãos de pólen. Já os grãos de pólen dos espécimes de *Posoqueria latifolia*, localizados no lado inferior direito do gráfico apresentaram as maiores medidas do eixo polar e do eixo equatorial em vista equatorial. Os espécimes de *Amaioua guianensis* estão localizados no lado inferior esquerdo e apresentaram grãos de pólen com poros. Os espécimes de *Coussarea contracta* estão posicionadas no lado inferior direito e possuem os grãos de pólen com os colpos mais largos entre todos os espécimes analisados. Os espécimes de *C. condalia* e *D. Dusenni* apresentaram grãos de pólen com os maiores comprimentos de colpo.

FIGURA 8 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) REALIZADA COM AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DE *AMAIOWA* AUBL., *BATHYSA*, *CHIOCOCCA*, *COCCOCYPSELUM*, *CORDIERA*, *COUSSAREA*, *DECLIEUXIA*, *GALIUM*, *GUETTARDA*, *IXORA* E *POSOQUERIA*.



FONTE: O autor (2018).

LEGENDA: Agui, *Amaioua guianensis*; Baus, *Bathysa australis*; Cald, *Chiococca alba*; Cced, *Coccocypselum condalia*; Cced, *Cordia concolor*; Ccon, *Coussarea contracta*; Ddus, *Declieuxia dusenni*; Gequ, *Galium*

equisetoides; Ghyp, *G. hypocarpium*; Gmeg, *G. megapotamicum*, Guru, *Guettarda uruguensis*; Iven, *Ixora venulosa*; Plat, *Posoqueria latifolia*. ORN, ornamentação. 1, microreticulada. 2, microequinada-perfurada. 3, perfurada. 4, perfurada-pilada. 5, reticulada. 6, reticulada-pilada.

TABELA 3 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS MÉTRICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN DO PRIMEIRO E SEGUNDO EIXOS DA ORDENAÇÃO DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) EM GRÃOS DE PÓLEN DE *AMAIOWA*, *BATHYSA*, *CHIOCCOCA*, *COCCOCYPSELUM*, *CORDIERA*, *COUSSAREA*, *DECLIEUXIA*, *GALIUM*, *GUETTARDA*, *IXORA* E *POSOQUERIA*.

Variáveis	Variáveis (significados)	Componentes principais	
		Eixo 1	Eixo 2
VEEP	Vista equatorial eixo polar	0,4463	-0,0250
VEEE	Vista equatorial eixo equatorial	0,4512	0,1070
COLPO (C)	Comprimento do colpo	0,4479	0,6756
COLPO (L)	Largura do colpo	0,5310	-0,7095
SEX	Espessura da sexina	0,2968	0,0643
NEX	Espessura da nexina	0,1594	0,0909

FONTE: O autor (2018).

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo confirmam os dados da literatura quanto a existência de grande variabilidade de tipos polínicos na família Rubiaceae, onde foram identificados grãos de pólen porados, colpados e colporados.

Os grãos de pólen porados ocorrem em *Amaioua guianensis* (3-4-porados) e *Coussarea contracta* (2-3-porados). A morfologia polínica de *Amaioua guianensis* foi analisada por Persson (1993) que identificou grãos de pólen como pequenos, com 3-(4) poros, suboblato a oblato-esferoidais e exina reticulada, distinguindo em algumas características observadas aqui, como o tamanho médio e a predominância de grãos 3-porados. Em *C. contracta* foi observado a presença de heterostilia, onde os grãos de pólen dos morfos brevistilos são significativamente maiores que os produzidos pela flor longistila, menos frequentes grãos 3-porados, possuindo sexina microreticulada com malhas maiores na região do ânulo, estando de acordo com os dados descritos por Jung-Mendaçolli e Melhem (1995).

As espécies do gênero *Galium* L. possuem grãos de pólen zonocolpados, ou seja, os colpos estão em posição equatorial, também sendo chamados de policolpados, devido a presença de mais de 3 colpos. Espécies de *Galium* foram estudadas por Peveer e Qaiser (2007), com exemplares oriundos da flora do Paquistão e, por Khalik et al. (2007), com espécies ocorrentes no Egito. Ambos trabalhos abordam a morfologia polínica, porém, nenhuma das espécies aqui analisadas. No entanto, verificamos que o padrão de ornamentação e a disposição das aberturas são semelhantes com os descritos aqui, como grãos de pólen perfurados e microequinados e 5-10-zonocolpados. *G. hypocarpium* foi analisado por Jung-Mendaçolli e Melhem (1995) com grãos de pólen 4-(5)-6 zonocolpados com teto perfurado e com a presença de pilos. Nos materiais aqui analisados, predominaram os grãos de pólen 5-6-7-zonocolpados, sendo encontrados com menor frequência os grãos 4-8-zonocolpados, todos os materiais analisados possuem exina microequinada-perfurada.

As espécies *Bathysa australis*, *Chiococca alba*, *Coccocypselum condalia*, *Cordia concolor*, *Declieuxia dusenni*, *Guettarda uruguensis*, *Ixora venulosa* e *Posoqueria latifolia* possuem grãos de pólen com 3-4-colporos.

P. latifolia foi estudada por Person (1993) e descrita com grãos de pólen médios, porados a colporados, com ânulo presente na abertura, com exina reticulada que diminui gradualmente em direção aos polos, tornando-se foveolada. Os materiais da mesma espécie analisados neste trabalho possuem grãos de pólen grandes, 3-4-colporados com endoabertura de difícil visualização, não foi encontrado grãos de pólen porados. Os grãos de pólen possuem um orifício na intersecção do colpo com a endoabertura, e nesta região há um espessamento da

camada de nexina, sendo caracterizada como ânulo pelo autor. Com relação a ornamentação da exina, os grãos de pólen aqui analisados possuem exina reticulada pilada e, nos polos as malhas são menores e não possuem pilos.

Estudos polínicos com *Cordia concolor* foram realizados por Persson (1993) e Jung-Mendaçolli e Melhem (1994) e possuem resultados semelhantes aos aqui encontrados como grãos de pólen 3-colporados e exina reticulada, não sendo citada a presença de orifício e costa.

Os grãos de pólen de *Coccocypselum condalia* foram analisados separadamente devido a presença de heterostilia, e verificou-se que os pólenes dos morfos brevistilos são significativamente maiores que os das flores longistilas corroborando com os resultados de Jung-Mendaçolli e Melhem (1994). Piesschaert et al. (2000), estudaram a morfologia polínica somente do morfo brevistilo e verificaram que os grãos de pólen possuíam tamanhos grandes, corroborando com os nossos dados.

Piesschaert et al. (2000), estudaram os morfos longistilos de *Declieuxia dusenni*, com grãos de pólen médios e exina com lumens irregulares a alongados. Não houve uma diferença nítida entre os tamanhos dos grãos de pólen dos morfos brevistilo e longistilo, ambos possuíam características semelhantes como colpos longos e tamanho médio.

Jung-Mendaçolli e Melhem (1994) descrevem *D. cordigera*, com heterostilia e não ocorrem diferenças no tamanho dos grãos de pólen entre dois morfos, contribuindo com os resultados aqui encontrados.

Jung-Mendaçolli e Melhem (1994) estudaram os grãos de pólen de *Bathysa australis* e *Chiococca alba*. *B. australis* foi descrita com 3-colporos, com endoabertura lalongada e provida de ânulo, essas características foram observadas nos espécimes aqui analisados. Os resultados polínicos de *C. alba* são semelhantes aos descritos pelas autoras, no entanto, a ornamentação da exina descrita como pilada (pilos de dois tamanhos) e microreticulada homobrocada por Radaeski et al. (2014), foi analisada sob microscopia eletrônica de varredura, e trata-se de microequinada-perfurada que pode ser observada na FIGURA 5G.

Radaeski et al. (2014), também descreveram *Guettarda uruguensis*, com grãos de pólen médios, âmbito subtriangular, oblato esferoidal, 3-colporados, com exina reticulada corroborando com os dados aqui encontrados. Espécies do gênero *Ixora L.* foram descritas por Jung-Mendaçolli e Melhem (1994), Block e Robbrecht (1998) e não estudaram *Ixora venulosa*, porém, alguns caracteres encontrados nas espécies analisadas pelos autores citados possuem semelhanças com *I. venulosa*, como grãos 3-colporados, colpos longos e com costa.

5 CONCLUSÕES

As espécies analisadas possuem uma considerável variação nos caracteres polínicos, com gêneros distintos e heterogêneos, confirmando o caráter euripolínico de Rubiaceae.

Quanto as espécies heterostílicas analisadas, concluímos que os grãos de pólen dos morfos brevistilos são significativamente maiores que nos morfos longistilos em *Coccocypselum condalia* e *Coussarea contracta*. Já em *Declieuxia dusenni* não foi possível diferenciar as duas formas distílicas pelo tamanho do grão de pólen. Além disso, verificamos são poucos os autores que analisam as variações polínicas decorrentes da heterostilia, sendo que, do ponto de vista palinológico, o pólen possui grande importância como caráter diagnóstico.

REFERÊNCIAS

- BAKER, H. G. Pollen dimorphism in the Rubiaceae. **Evolution**, England, v.10, p. 23- 31, 1956.
- BARBOSA, M. R. **Guettarda in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015.
Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14056>>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- BARRETT, S. C. H.; RICHARDS, J. H. Heterostyly in tropical plants. **New York Botanical Garden**, New York, v. 55, p. 35-61, 1990.
- BARTH, O. M.; MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1988.
- BLOCK, P.; ROBBRECHT, E. Pollen morphology of the Pavetteae (Rubiaceae, Ixoroideae) and its taxonomic significance. **Grana**, v. 37, n. 5, p. 260-275, 1998.
- BREMER, B.; BREMER, K.; CHASE, M. W.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.
- DARWIN, S. P. A synopsis of the indigenous genera of Pacific Rubiaceae. **Allertonia**, v. 2, n. 1, p. 1-44, 1979.
- DELPRETE, P. The status of monographic and floistic studies of Neotropical Rubiaceae, with emphasis on the Flora of The Guianas. **Flora of the Guianas Newsletter**, v. 12, p. 11-13, 1999.
- DELPRETE, P. G.; JARDIM, G. J. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 101-128, 2012.
- DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. B. Rubiáceas. Vol. I – Gêneros de A-G: 1. Alseis até 19. Galium. (com observações ecológicas por Klein, R.; Reis, A. & Iza, O.). In: Reis, A. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. p.1-344, 2004.
- DESSEIN, S.; SCHELTENS, A.; HUYSMANS, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. Pollen morphological survey of Pentas (Rubiaceae–Rubioideae) and its closest allies. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 112, p. 189-205, 2000.
- DESSEIN, S.; OCHOTERENA, H.; BLOCK, P. D.; LENS, F.; ROBBRECHT, E.; SCHOLS, P.; SMETS, E.; VINCKIER, S.; HUYSMANS, S. Palynological Characters and Their Phylogenetic Signal in Rubiaceae. **The New York Botanical Garden**, v. 71, n. 3, p. 354–414, 2005.

ERBAR, C. Sympetaly - a systematic character. **Botsche Jahrbücherfür Systematik**, v. 112, p. 417-451, 1991.

ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1952.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms**. 2^a ed. New York: Hafner Publishing Company, 1971.

FAEGRI, G.; IVERSEN, J. **Textbook of modern pollen analysis**. 2. ed. Copenhagen: Scandinavian University Books, 1966.

GANDERS, F. R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v.17, p. 607-635, 1979.

GOVAERTS, R.; RUHSAM, M.; ANDERSSON, L.; ROBBRECHT, E.; BRIDSON, D; DAVIS, A.; SCHANZER, I. **World Checklist of Rubiaceae**. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, 2018. Disponível em: <<http://wmsp.science.kew.org/>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

HESSE, M.; HALBRITTER, H.; ZETTER, R.; WEBER, M.; BUCHNER, R.; FROSCHRADIVO, A.; ULRICH, S. **Pollen Terminology: an illustrated handbook**. New York: Springer Wien, 2009.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. J. **Contribuição ao estudo palinológico das Rubiaceae**. 1984. 2010 f. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil), 155-Rubiaceae. **Hoehnea**, v. 21, n. ½, p. 97-129, 1994.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Grãos de pólen de espécies heterostílicas de Rubiaceae. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 18, p. 61-93, 1995.

KHALIK, K. A.; ABD EL-GHANI, M. M.; ELKORDY, A. A palynological study of Galium L. (Rubiaceae) in Egypt and its systematic implication. **Feddes Repertorium**, v. 118, p. 7–8, 311–326, 2007.

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**, v. 16, p. 1-104, 2003.

MELHEM, T. S.; ROSSI, C. L. B.; SILVESTRE, M. S. F. Pollen morphological studies in Rubiaceae. **Hoehnea**, São Paulo, v. 4, p. 49-70, 1974.

MOLINA, L. S.; ZEQUEIRA, M. F.; OLIVER, P. H. Pollen morphology of some Cuban Guettarda species (Rubiaceae: Guettardeae). **Grana**, v. 41, n. 3, p. 142-148, 2002.

PASSOS, L.; SAZIMA, M. Reproductive biology of the distylous *Manettia luteo-rubra* (Rubiaceae). **Botanica Acta**, v. 108, p. 309-313, 1995.

PERSSON, C. Pollen morphology of the Gardenieae-Gardeniinae (Rubiaceae). **Nordic Journal of Botanic**, v. 13, p. 561-582, 1993.

PERVEEN, A.; QUAISER, M. Pollen Flora of Pakistan–LIV. Rubiaceae. **Pakistan Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 999-1015, 2007.

PIESSCHAERT, F.; HUYSMANS, S.; JAIMES, I.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. 1. Morphological Evidence for an Extended Tribe – Coccocypseleae (Rubiaceae-Rubioideae). **Plant Biology**, v. 2, p. 536–546, 2000.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 143, p. 1-81, 2007.

RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; LIMA, G. L. Diversidade de grãos de pólen e esporos dos Campos do sul do Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. **Iheringia, Série Botânica**, v. 69, n. 1, p. 107-132, 2014.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 1973.

SILVEIRA JÚNIOR, C. E. A.; SABA, M. D.; JARDIM, J. G. Pollen morphology of Rubiaceae Juss. species occurring in an área of caatinga (dryland) vegetation in Bahia State, Brazil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 26, n. 2, p. 444-455, 2012.

Rubiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13829>>. Acesso em 27 jul. 2018

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2008.

VERDCOURT, B. Remarks on the classification of the Rubiaceae. Bélgica: **Bulletin du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles**, v. 28, n. 3, p. 209-290, 1958.

APÊNDICE 2

Lista de espécimes analisados:

Amaioua guianensis Aubl. Brasil: Paraná, Adrianópolis. J.M. Silva, L.M. Abe 4554, 14 de dezembro de 2005 (MBM310799); Brasil: Paraná, Guaraqueçaba. S.R. Ziller, W. Maschio 1393, 7 de maio de 1996 (MBM212859).

Bathysa australis (A.St.-Hil.) K.Schum. Brasil: Paraná, Campina Grande do Sul. G. Hatschbach 20277, 12 de novembro de 1968 (MBM10305); Brasil: Paraná, Guaraqueçaba. G. Hatschbach 56140, D. Guimarães, 6 de dezembro de 1991 (MBM148513); Brasil: Paraná, Cerro Azul. G. Hatschbach 58444, O. S. Ribas, 16 de dezembro de 1992 (MBM156123).

Chiococca alba (L.) Hitchc. Brasil: Santa Catarina. São Francisco do Sul. R.R.Völtz, G.H. Santos 894, 08 de janeiro de 2015 (EFC15000); Brasil: Paraná, Paranaguá. A. Dunaiski, 31 de janeiro de 1990 (MBM191826); Brasil: Paraná, Paranaguá. M. Kaehler et al, 17 de maio de 1997 (MBM213538).

Coccocypselum condalia Pers. Brasil: Paraná, Campina Grande do Sul. G. Hatschbach, 9 de dezembro de 1956 (MBM51637); Brasil: Paraná, Campina Grande do Sul. E.D. Lozano, V. Ariati 447, 02 de novembro de 2010 (MBM377023); Brasil: Paraná, Morretes. P. Labiak 1984, 8 de dezembro de 2001 (MBM266637). Brasil: Paraná, São José dos Pinhais. J.M. Silva, E. Barbosa, C.B. Poliquesi 2123 (MBM218603).

Cordia concolor (Cham.) Kuntze. Brasil: Paraná, São Jerônimo da Serra. G. Hatschbach, 24 de fevereiro de 1957 (MBM52972); Brasil: Paraná, Tibagi. G. Hatschbach, 31 de janeiro de 1959 (MBM52968); Brasil: Paraná, Antonina. G. Hatschbach 43643, 26 de fevereiro de 1981 (MBM68960).

Coussarea contracta (Walp.) Müll.Arg. Brasil: Paraná, Bateias. R.F.S. Possette, W. Maschio, 29 de outubro de 2004 (MBM301617); Brasil: Paraná, Palmas. G. Hatschbach 43477, 13 de fevereiro de 1980 (MBM67825); Brasil: Paraná, São Pedro do Iguaçu. M.L. Toderke, T.C. Mombach, M.F. Kampf, S.J. Dalanhol 08, 11 de maio de 2009 (MBM359983).

Declieuxia dusenii Standl. Brasil: Paraná, Balsa Nova. J. Cordeiro 5149, T.R. Cardoso, M.D. Laus, M. gervasio, P. Stupp, 22 de janeiro de 2014 (MBM388698); Brasil: Paraná, Castro. J.M. Silva, J. Cordeiro, C. B. Poliquesi 1871 (MBM 206697); Brasil: Paraná, Curitiba. C. Kozera 21, V. A. Dittrich, 19 de dezembro de 1995 (MBM222702); Brasil: Paraná, Palmeira. G. Hatschbach 50823, A. Souza, 28 de novembro de 1986 (MBM112877).

Galium equisetoides (Cham. & Schltl.) Standl. Brasil: Paraná, Inácio Martins. G. Hatschbach, R. Goldenberg, J. M. Silva 72445, 20 de setembro de 2001 (MBM262652); Brasil: Paraná, Curitiba. G. Hatschbach, 16 de setembro de 1962 (MBM50689); Brasil: Paraná, Araucária. R. Kummrow 1158 (MBM54221).

Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb. Brasil: Paraná, Curitiba. G. Hatschbach 47107, 06 de outubro de 1983 (MBM84988); Brasil: Paraná, Piraquara. R. Kummrow 1449, 4 de fevereiro de 1981 (MBM67821).

Galium megapotamicum Spreng. Brasil: Paraná, Campo Mourão. M.G. Caxambú 202, 29 de novembro de 2003 (MBM292751); Brasil: Paraná, Palmeira. M.G. Caxambú 665, 07 de novembro de 2004 (MBM304510).

Guettarda uruguensis Cham. & Schltl. Brasil: Paraná, Piraquara. A.P. Tramujas, S.R. Ziller 464, 14 de janeiro de 1993 (EFC3320); Brasil: Paraná, Piraquara. S.R. Ziller, M.C.O. Portes 354, 09 de dezembro de 1992 (EFC3057); Brasil: Paraná, Curitiba. C.T. Blum 1133, 22 de novembro de 2013 (EFC11806).

Ixora venulosa Benth. Brasil: Paraná, Campo Mourão. A.R. Silva, M.G. Caxambu 450, 5 de outubro de 2007 (MBM342330); Brasil: Paraná, Morretes. J. M. Silva et al. 5139, 17 de maio de 2006 (MBM322193).

Posoqueria latifolia (Rudge) Schult. Brasil: Paraná, Paranaguá. J.M. Silva 1062, D. Guimarães, 03 de setembro de 1991 (148519); Brasil: Paraná, Morretes. R. Kummrow 985, 12 de novembro de 1975 (MBM43455).

APÊNDICE 3

TABELA SUMÁRIO DA MORFOLOGIA POLÍNICA DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA RUBIACEAE OCORRENTES NO ESTADO DO PARANÁ

Sumário da Morfologia polínica de espécies da família Rubiaceae		Tamanho do pólen	Polaridade	Abertura (Número)	Abertura (Caráter)	Forma	Ornamentação da exina	Tamanho da Área Polar (IAP)	Comprimento do colpo
Gêneros	Espécies								
Capítulo 1									
<i>Psychotria</i> L.	<i>P. carthagenensis</i>	M / G	isopolar	3-(4)	colpado	OB/SO	Faveolada / microrreticulada	0,49 a 0,53	Colpos curtos a longos
	<i>P. fluminensis</i>	G / MG	apolar	0	-	E	Microrretículo com espículos supratectais	-	-
	<i>P. fractistipula</i>	M	isopolar	3-(4)	colpado	SP	Microrretículo com espículos	0,45 a 0,66	Colpos curtos a longos
	<i>P. leiocarpa</i>	M / G	apolar	0	-	E	Reticulo com espículos supratectais (B) / microrretículo com espículos supratectais (L).	-	-
	<i>P. nemorosa</i>	M / G	apolar	0	-	E	Microrretículo com espículos supratectais (B) / retículo com espículos supratectais (L)	-	-
	<i>P. nuda</i>	G / MG	apolar	0	-	E	Microrretículo com espículos supratectais.	-	-
	<i>P. stachyooides</i>	G	apolar	0	-	E	Microrretículo com espículos supratectais.	-	-
	<i>P. suterella</i>	G	apolar	0	-	E	Microrretículo com espículos supratectais	-	-

<i>Rudgea</i> Salisb.	<i>R. jasminooides</i>	G	apolar	0	-	E	Microreticulada-equinada com espinhos de ápice agudo (B) / microreticulada heterobrocada (L)	-	-
	<i>R. parquiooides</i>	G	apolar	0	-	E	Microreticulada equinada com espinhos de ápice arredondado (B) / Microreticulada heterobrocada (L).	-	-
<i>Palicourea</i> Aubl.	<i>P. australis</i>	G	apolar	0	-	E	Microretículo com rúgulas (B)/ microretículo com espículos supratectais (L).	-	-
	<i>P. brachypoda</i>	G	apolar	0	-	E	Microretículo.	-	-
	<i>P. mamillaris</i>	M / G	apolar	0	-	E	Microretículo (B) / microretículo com espículos supratectais (L).	-	-
	<i>P. marcgravii</i>	G / G	apolar	0	-	E	Microretículo e espículos supratectais (B) / retículos de muros interrompidos e espículos supratectais	-	-
	<i>P. rigida</i>	G / MG	apolar	0	-	E	Microretículo e espículos supratectais	-	-
<i>P. sessilis</i>	M / G	apolar	0	-	E	Microretículo ou retículo com espículos	-	-	
Capítulo 2									
<i>Borreria</i> G. Mey.	<i>B. poaya</i>	M / G	isopolar	6-7-8	zonocolpado	OE	Equinada perfurada	0,68 a 0,78	Colpo curto a muito curto
	<i>B. verticillata</i>	P / M	isopolar	6-7-8-9-10	zonocolpado	SO/OE	Equinada perfurada	0,71 0 0,80	Colpo curto a muito curto
<i>Emmeorhiza</i> Pohl	<i>E. umbellata</i>	M / G	isopolar	7-8-9-10	zonocolpado	SO/OE	Equinada perfurada	0,36 a 0,54	Colpo curto a longo
	<i>G. chodatiana</i>	M / G	isopolar	6-7-8	zonocolpado	PE/OE	Microreticulada heterobrocada com espículos esparsos	0,46 a 0,57	Colpo curto a longo

<i>Galianthe</i> Griseb.	<i>G. cymosa</i>	M / G	isopolar	6-7-8	zonocolpura do	OE/PE	Microreticulada heterobrocada com espículos esparsos que se aglomeram em torno das aberturas	0,41 a 0,64	Colpo curto a longo
	<i>G. verbenoides</i>	M / G	isopolar	6-7-8-9	zonocolpura do	OE/PE	Microreticulada heterobrocada com espículos esparsos.	0,53 a 0,63	Colpo curto
<i>Hexasepalum</i> Bartl.	<i>H. radula</i>	M / G	isopolar	7-8-9-10-11-12	zonocolpura do	SO	Equinada-perfurada	0,74 a 0,80	Colpo muito curto
	<i>M. cordifolia</i>	M / G	isopolar	3-4	zonocolpura do	OE/PE	Microreticulada areticulada heterobrocada com lúmens poligonais	0,36 a 0,52	Colpo longo
<i>Manettia</i> Mutis.	<i>M. gracilis</i>	M	isopolar	3-4	zonocolpura do	SP	Microreticulada heterobrocada	0,19 a 0,52	Colpo longo, curto e muito curto
	<i>M. paranensis</i>	M / G	isopolar	3-4	zonocolpura do	PE	Reticulada com muros entrelaçados e com espículos esparsos	0,27 a 0,33	Colpo longo
	<i>M. paraguayensis</i>	M / G	isopolar	3-4	zonocolpura do	SO	Microreticulada a reticulada heterobrocada com lúmens arredondados	0,49 a 0,50	Colpo longo
Capítulo 3									
<i>Amaioua</i> Aubl.	<i>A. guianensis</i>	M	isopolar	3-4	porado	SO	Reticulada heterobrocada com muros interrompidos	0,62 a 0,65	poro
<i>Bathysa</i> C. Presl	<i>B. australis</i>	P	isopolar	3	colporado	OE	Exina tectado-perfurada	0,18 a 0,25	Colpo muito longo
<i>Chiococca</i> P.Browne	<i>C. alba</i>	P / M	isopolar	3	colporado	SO/OE	Microequinada-perfurada	0,13 a 0,16	Colpo muito longo
<i>Coccocypselum</i> P.Browne	<i>C. condalia</i>	G / M	isopolar	3	colporado	SO/PE	Tectado-perfurada com pilos no interior das perfurações	0,36 a 0,47	Colpo longo
<i>Cordiera</i> A. Rich.	<i>C. concolor</i>	M	isopolar	3	colporado	SO/OE	Microreticulada heterobrocada	0,28 a 0,34	Colpo longo

<i>Coussarea</i> Aubl.	<i>C. contracta</i>	P / M/ G	isopolar	2-3	porados	PL	Microreticulada com malhas maiores na região do ânulo	0,66 a 0,74	poros
<i>Declieuxia</i> Kunth	<i>D. dusenii</i>	M	isopolar	3	colporado	OE/PE	Tectada-perfurada com pilos salientes no interior das perfurações	0,31 a 0,35	Colpo longo
<i>Galium</i> L.	<i>G. equisetoides</i>	P	isopolar	4-5	zonocolpado	PE	Exina microequinada perfurada	0,50 a 0,57	Colpo curto (colpoide)
	<i>G. hypocarpium</i>	P	isopolar	4-5-6-7-8	zonocolpado	OE/PE/ SP	Microequinada-perfurada	0,47 a 0,58	Colpo curto (colpoide)
	<i>G. megapotamicum</i>	P	isopolar	5-6	zonocolpado	OE	Microequinada-perfurada	0,60 a 0,64	Colpo curto (colpoide)
<i>Guettarda</i> L.	<i>G. uruguensis</i>	M	isopolar	3-4	colporado	OE	Reticulada heterobrocada	0,39 a 0,46	Colpo longo
<i>Ixora</i> L.	<i>I. venulosa</i>	M	isopolar	3	colporado	OE/PE	Exina microreticulada	0,20 a 0,26	Colpo longo
<i>Posoqueria</i> Aubl.	<i>P. latifolia</i>	G	isopolar	3-4	colporado	SO	Reticulada heterobrocada com pilos no interior dos lúmens e malhas menores nos polos	0,30 a 0,36	Colpo longo

NOTA: OB = oblato, OE = oblato-esferoidal, SO = suboblato, PE = prolato-esferoidal, SP = subprolato, E= esferoidal, PL= prolatos. P = pequeno, M = médio, G = grande. B= morfo brevistilo, L= morfo longistilo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises polínicas da família Rubiaceae Juss. realizadas sob microscopia de luz e eletrônica de varredura, chegamos as seguintes conclusões:

- Com relação a presença de heterostilia, das 144 coleções de herbário analisadas, 110 apresentaram distilia (forma brevistila e longistila), totalizando 28 espécies com este polimorfismo floral.
- Verificamos que algumas espécies apresentaram grãos de pólen muito maiores nos morfos brevistilos em relação aos dos morfos longistilos ou padrões diferentes na ornamentação da exina, já em outras não houve diferenças significativas.
- A variação nos caracteres polínicos entre as espécies de Rubiaceae, confirma a heterogeneidade da família, desta forma possibilitando a identificação alguns gêneros e espécies através da morfologia do grão de pólen, caracterizando-a como Euripolínica.
- Os dados palinológicos obtidos podem contribuir para o conhecimento taxonômico das espécies estudadas, podendo ser utilizados para futuras abordagens filogenéticas e cladísticas, contribuindo para o avanço do estudo sistemático e morfológico das Rubiáceas.
- Com relação aos estudos futuros que abordem a palinologia de espécies de Rubiaceae associar os dados polínicos aos filogenéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ANDERSSON, L.; ROVA, J. H. E. The rps16 intron and the phylogeny of the Rubioideae (Rubiaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 214, p. 161-186, 1999.

ANDREASEN K.; BREMER, B. Combined phylogenetic analysis in the Rubiaceae-Ixoroideae: Morphology, nuclear and chloroplast DNA data. **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1731-1748, 2000.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.141, p. 399-436, 2003.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification of the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1- 20, 2016.

Angiospermas in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB128482>>. Acesso em 17 jul. 2018.

BACIGALUPO, N. M.; CABRAL EL. Infrageneric classification of *Borreria* (Rubiaceae-Spermacoceae) on the basis of American species. **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 297-308, 1996.

BACKLUND, M.; OXELMAN, B.; BREMER, B. Phylogenetic relationships within the Gentianales based on ndhF and rbcL sequences, with particular reference to the Loganiaceae. **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1029-1043, 2000.

BAHADUR, B. Pollen dimorphism in heterostyled *Oldenlandia umbellata*. **Rhodora**, v. 66, p. 56-60, 1964.

BAKER, H. G. Pollen dimorphism in the Rubiaceae. **Evolution**, England, v.10, p. 23- 31, 1956.

BAKER, H. G. Studies in the reproductive biology of West African Rubiaceae. **Journal of the West African Science Association**, v. 4, p. 9-24, 1958.

BAKER, H.G. Pollen dimorphism in the Rubiaceae. **Evolution**, v.10, p. 23-31, 1956.

BARBOSA, M. R. **Guettarda in Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14056>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

BARBOSA, M. R.; ZAPPI, D.; TAYLOR, C.; CABRAL, E.; JARDIM, J. G.; PEREIRA, M. S.; CALIÓ, M. F.; PESSOA, M. C. R.; SALAS, R.; SOUZA, E. B.; DI MAIO, F. R.; MACIAS, L.; ANUNCIÇÃO, E. A.; GERMANO FILHO, P.; OLIVEIRA, J. A.; BRUNIERA, C. P.; GOMES, M.; DE TONI, K.; FIRENS, M. **Rubiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB210>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

BARRET, S. C. H. Heterostylous genetic polymorphism: model systems for evolutionary analysis. In: *Evolution and Function of Heterostyly*. S.C.H. BARRETT (Ed.). **Springer-Verlag**, Berlin. p. 1-29, 1992.

BARRETT, S. C. H.; RICHARDS, J. H. Heterostyly in tropical plants. **New York Botanical Garden**, New York, v. 55, p. 35-61, 1990.

BARRETT, S. C. H.; WILKEN, D. H.; COLE, W. W. Heterostyly in the Lamiaceae: the case of *Salvia brandegeei*. **Plant Systematics and Evolution**, v. 223, p. 211–219, 2000.

BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: A review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 342-350, 2004.

BARTH, O. M.; MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. Editora da Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1988.

BLOCK, P.; ROBBRECHT, E. Pollen morphology of the Pavetteae (Rubiaceae, Ixoroideae) and its taxonomic significance. **Grana**, v. 37, n. 5, p. 260-275, 1998.

BORGO, M. A. **Floresta Atlântica do litoral norte do Paraná, Brasil: aspectos florísticos, estruturais e estoque de biomassa ao longo do processo sucessional**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BREMEKAMP, C. E. B. On pollen dimorphism in heterostylous Psychotrieae, especially in the genus *Mapouria* Aubl. **Grana Palynology**, v. 4, p. 53-63, 1963.

BREMER, B.; ANDREASEN, K.; OLSSON, D. Subfamilial and tribal relationships in the Rubiaceae based on *rbcL* sequence data. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 82, p. 383-397, 1995.

BREMER, B.; BREMER, K.; CHASE, M. W.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.

BREMER, B.; ERIKSSON, O. Evolution of fruit characters and dispersal modes in the tropical family Rubiaceae. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 47, p. 79-95, 1992.

BREMER, B.; ERIKSSON, O. Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamily, and tribes. **International Journal of Plant Science**, v. 170, p. 766-793, 2009.

BREMER, B.; JANSEN R. K. Comparative restriction site mapping of the chloroplast DNA implies new phylogenetic relationships within Rubiaceae. **American Journal of Botany**, v. 78, p. 198-213, 1991.

BREMER, B.; JANSEN R. K.; OXELMAN, B.; BACKLUND, M.; LANTZ, K.; KIM, K. J. More characters or more taxa for a robust phylogeny - Case study from the coffee family (Rubiaceae). **Systematic Biology**, v. 48, p. 413-435, 1999.

BREMER, B.; MANEN, J.-F. Phylogeny and classification of the subfamily Rubioideae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 225, p. 43-72, 2000.

BREMER, B.; STRUWE, L. Phylogeny of Rubiaceae and Loganiaceae: Congruence or conflict between morphological and molecular data. **American Journal of Botany**, v. 79, p. 1171-1184, 1992.

BRUNIERA, C. P.; ZAPPI, D. *Rudgea* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14263>>. Acesso em: 28 Mai. 2018.

CABRAL, E. L. Rehabilitación del género *Galianthe* (Rubiaceae). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v.27, p. 235-249, 1991.

CABRAL, E. L. **Revisión del género *Galianthe* (Rubiaceae - Spermaceae)**. 52º Congreso Nacional de Botánica. Joao Pessoa. Brasil. 2001.

CAI, M.; ZHU, H.; WANG, H. Pollen morphology of the genus *Lasianthus* (Rubiaceae) and related taxa from Asia. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 46, n. 1, p. 62-72, 2008.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981.

DARWIN, C. R. **The different forms of flowers on plants of the same species**. New York: D. Appleton and Company, 1896.

DARWIN, S. P. A synopsis of the indigenous genera of Pacific Rubiaceae. **Allertonia**, v. 2, n. 1, p. 1-44, 1979.

DELPRETE, P. G. Rubiaceae – Parte 3: Gêneros S-W, Índices. In: Rizzo, J.A. (coord.). **Flora dos estados de Goiás e Tocantins**. Vol. 40. IRD/UFG, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, p. 1098-1610. 2010c.

DELPRETE, P. G.; JARDIM, G. J. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 101-128, 2012.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. B. Rubiáceas. Vol. 2 – Gêneros de G-Z: 20. *Gardenia* até 46. *Tocoyena* (com observações ecológicas por Klein, R.; Reis, A. & Iza, O.). In: Reis, A. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**, Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, p. 345-843, 2005.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. B. Rubiaceas. Vol. I – Gêneros de A-G: 1. Alseis até 19. Galium. (com observações ecológicas por Klein, R.; Reis, A. & Iza, O.). In: Reis, A. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. p.1-344, 2004.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B.; KLEIN, R. M. Rubiaceae. In: A. Reis (ed.). *Flora ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, v.1, p. 1-345, 2004.

DELPRETE, P. J.; CORTÉS, B. R. A synopsis of the Rubiaceae of the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to genera, and a preliminary species list. **Review Biological Neotropical**, v. 3, n. 1, p. 13-96, 2006.

DELPRETE, P. The status of monographic and floristic studies of Neotropical Rubiaceae, with emphasis on the Flora of The Guianas. **Flora of the Guianas Newsletter**, v.12, p. 11-13, 1999.

DELPRETE, P.G. New combinations and new synonymies in the genus *Spermacoce* (Rubiaceae) for the Flora of Goiás and Tocantins (Brazil) and the Flora of the Guianas. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 1, p. 1023-1030, 2007b.

DELPRETE, P.G. Rubiaceae – Parte 1: Introdução, Gêneros A-H. In: Rizzo, J.A. (coord.). **Flora dos estados de Goiás e Tocantins**. Vol. 40. IRD/UFG, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. p. 1-580, 2010.

DESSEIN, S. **Systematic studies in the Spermaceae (Rubiaceae)**. Doctoral Dissertation. K.U. Leuven, Leuven. 2003.

DESSEIN, S.; ANDERSSON, L.; GEUTEN, K.; SMETS, E.; ROBBRECHT, E. *Gomphocalyx* and *Phylohydrax* (Rubiaceae) sister taxa excluded from *Spermacoceae* s.s., featuring remarkable case of convergent evolution. **Taxon**, v. 54, p. 91-107, 2005.

DESSEIN, S.; HUYSMANS, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. Pollen of African *Spermacoce* species (Rubiaceae) – Morphology and evolutionary aspects. **Grana**, v. 41, n. 2, p. 69-89, 2002.

DESSEIN, S.; OCHOTERENA, H.; BLOCK, P. D.; LENS, F.; ROBBRECHT, E.; SCHOLS, P.; SMETS, E.; VINCKIER, S.; HUYSMANS, S. Palynological Characters and Their Phylogenetic Signal in Rubiaceae. **The New York Botanical Garden**, v. 71, n. 3, p. 354–414, 2005.

DESSEIN, S.; SCHELTENS, A.; HUYSMANS, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. Pollen morphological survey of *Pentas* (Rubiaceae–Rubioidae) and its closest allies. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 112, p. 189-205, 2000.

Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14263>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

DOWRICK, V.P.J. Heterosty and homostyly in *Primula obconica*. **Heredity**, v. 10, p. 219-236, 1956.

DULBERGER, R. Floral polymorphisms and their functional significance in the heterostylous syndrome. In: S.C.H. Barrett (ed.). *Evolution and function of heterostyly*. Monographs on Theoretical and Applied Genetics. **Springer-Verlag**, Berlin, p. 41-84, 1992.

DUTRA, F. V.; DORETO, H. S.; RIBEIRO, P. T.; GASPARINO, E. C. Morfologia Polínica em espécies ornamentais de Asteraceae, Ericaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae e Rubiaceae. **Nucleus**, v. 11, n. 1, 2014.

ECKENWALDER, J. E.; BARRETT, S. C. H. Phylogenetic systematics of Pontederiaceae. **Systematic Botany**, v. 11, p. 373–391, 1986.

ERBAR, C. Sympetaly - a systematic character. **Botsche Jahrbücherfür Systematik**, v. 112, p. 417-451, 1991.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms**. 2^a ed. New York: Hafner Publishing Company, 1971.

ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1952.

FAEGRI, G.; IVERSEN, J. **Textbook of modern pollen analysis**. 2. ed. Copenhagen: Scandinavian University Books, 1966.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3. ed. New York: Pergamon Press, 1980.

FAIVRE, A. E.; MCDADE, L. A. Population – level variation in the expression of heterostyly in three species of Rubiaceae: reciprocal placement of anthers and stigmas characterize heterostyly? **American Journal of botany**, v. 88, n. 5, p. 841-853, 2001.

FERREIRA JUNIOR, M.; VIEIRA, A. O. S. Espécies arbóreo-arbustivas da família Rubiaceae Juss. na bacia do rio Tibagi, PR, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 289-336, 2015.

GANDERS, F. R. The biology of the heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v. 17, p. 607-635, 1979.

GOVAERTS, R.; RUHSAM, M.; ANDERSSON, L.; ROBBRECHT, E.; BRIDSON, D.; DAVIS, A.; SCHANZER, I. **World Checklist of Rubiaceae**. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, 2018. Disponível em: <<http://wmsp.science.kew.org/>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

GROENINCKX, I.; DE BLOCK, P.; RAKOTONASOLO, F.; SMETS, E.; DESSEIN, S. Rediscovery of Madagascan *Lathraeocarpa* allows determination of its taxonomic position within Rubiaceae. **Taxon**, v. 58, p. 209-226, 2009b.

GROENINCKX, I.; DESSEIN, S.; OCHOTERENA, H.; PERSSON, C.; MOTLEY, T.J.; KAREHED, J.; BREMER, B.; HUYSMANS, S.; SMETS, E. Phylogeny of the herbaceous tribe Spermacoceae (Rubiaceae) based on plastid DNA data. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 96, p. 109-132, 2009a.

HAMILTON, C. W. Variation on a distylous Theme in Mesoamerican *Psychotria* subgenus *Psychotria* (Rubiaceae). **Mem. New York Bot. Gdn**, v. 55, p. 62-75, 1990.

HESSE, M.; HALBRITTER, H.; ZETTER, R.; WEBER, M.; BUCHNER, R.; FROSCHE-RADIVO, A.; ULRICH, S. **Pollen Terminology**: an illustrated handbook. Springer-Verlag, Vienna, 2009.

HUYSMANS, S.; DESSEIN, S.; SMETS, E.; ROBBRECHT, E. Pollen morphology of NW European representatives Confirms monophyly of Rubiae (Rubiaceae). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 127, p. 219-240, 2003.

JOHANSSON, J. T. Pollen morphology in *Psychotria* (Rubiaceae, Rubioideae, Psychotrieae) and its taxonomic significance: A preliminary survey. **Opera Botanic**, v. 115, p. 1–71, 1992.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. (coord.). Rubiaceae. In: Wanderley, M.G.L. (coord.). Flora fanerogâmica do estado de São Paulo. Vol. 5. **Instituto de Botânica**, São Paulo. p. 259-460, 2007.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. J. **Contribuição ao estudo palinológico das Rubiaceae**. 1984. 2010 f. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil), 155-Rubiaceae. **Hoehnea**, v. 21, n. ½, p. 97-129, 1994.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; MELHEM, T. S. Grãos de pólen de espécies heterostílicas de Rubiaceae. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 18, p. 61-93, 1995.

KAHELER, M.; GOLDENBERG, R.; EVANGELISTA, P. H. L.; RIBAS, O. S.; VIEIRA, A. O. S.; HATSCHBACH, G. G. **Plantas vasculares do Paraná**. Curitiba: Departamento de Botânica, 2014.

KAREHED, J.; BREMER, B. The systematics of Knoxiaceae (Rubiaceae) – molecular data and their taxonomic consequences. **Taxon**, v. 56, p. 1051-1076, 2007.

KERAUDREN-AYMONIN, M.; STRAKA, H.; SIMON, A. Palynologia Madagassica et Mascarenica. **Pollen Spores**, v. 11, n. 2, p. 299-310, 1969.

KHALIK, K. A.; ABD EL-GHANI, M. M.; ELKORDY, A. A palynological study of Galium L. (Rubiaceae) in Egypt and its systematic implication. **Feddes Repertorium**, v. 118, p. 7–8, 311–326, 2007.

KIRKBRIDE, J. H. Raritebe, an overlooked genus of the Rubiaceae. **Brittonia**, v. 31, p. 299-312, 1979.

LENS, F.; GROENINCKS I.; SMETS, E.; DESSEIN, S. Woodiness within the Spermaceae-Knoxiaceae alliance (Rubiaceae): retention of the basal woody condition in Rubiaceae or recent innovation? **Annals of Botany**, v. 103, p. 1049-1064, 2009.

LIEBSCH D.; MIKICH S. B. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 275-391, 2009.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES M. C. M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 21, n. 4, p. 983-992, 2007.

LINSINGEN, L. V.; SONEHARA, J. S.; UHLMANN, A.; CERVI, A. Composição florística do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, v. 35, n. 3-4, p. 197-232, 2006.

MACIAS, L. F. N. **Estudos taxonômicos do gênero *Manettia* Mutis ex L. (Rubiaceae) no Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai**. 1998. 356p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.

MARINERO, F. E. C.; RODRIGUES, W. A.; CERVI, A. C. *Manettia* (Rubiaceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 635-647, 2012.

MCCUNE, B.; MELFFORD, M. J. **PC-ORD**: Multivariate analysis of ecological data. 1999.

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**, v. 16, p. 1-104, 2003.

MELHEM, T. S.; ROSSI, C. L. B.; SILVESTRE, M. S. F. Pollen morphological studies in Rubiaceae. **Hoehnea**, v. 4, p. 49-70, 1974.

MOLINA, L. S.; ZEQUEIRA, M. F.; OLIVER, P. H. Pollen morphology of some Cuban Guettarda species (Rubiaceae: Guettardeae). **Grana**, v. 41, n. 3, p. 142-148, 2002.

NAIKI, A. Heterostyly and the possibility of its breakdown by polyploidization. **Plant Species Biology**, v. 27, p. 3-29, 2012.

OLMSTEAD, R. G.; KIM, K. J.; WAGSTAFF, S. J. The phylogeny of the Asteridae sensu lato based on chloroplast *ndhF* gene sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 16, n. 96-112, 2000.

ORNDUFF, R. Heterostyly in *Oplonia* (Acanthaceae). **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 60, p. 382-385, 1979d.

PASSOS, L.; SAZIMA, M. Reproductive biology of the distylous *Manettia luteo-rubra* (Rubiaceae). **Botanica Acta**, v. 108, p. 309-313, 1995.

PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M. F.; CARVALHO-OKANO, R. M. Fenologia da floração, morfologia floral e Sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragment florestal do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 471-480, 2006.

PERSSON, C. Pollen morphology of the Gardenieae-Gardeniinae (Rubiaceae). **Nordic Journal of Botanic**, v. 13, p. 561-582, 1993.

PERVEEN, A.; QUAISER, M. Pollen Flora of Pakistan—LIV. Rubiaceae. **Pakistan Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 999-1015, 2007.

PIESSCHAERT, F.; HUYSMANS, S.; JAIMES, I.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. 1. Morphological Evidence for an Extended Tribe – Coccocypseleae (Rubiaceae-Rubioideae). **Plant Biology**, v. 2, p. 536–546, 2000.

PIRE, S. M. Género *Galianthe* subg. *Ebelia* (Rubiaceae): estudio palinológico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 83, p. 857-877, 1997.

PIRE, S. M. Palynological study of American species of *Borreria* (Rubiaceae-Spermacoaceae). **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 413-423, 1996.

PIRE, S. M.; CABRAL, E. L. El valor del polen en la revaluación de *Galianthe* (Spermacoaceae-Rubiaceae). **Darwiniana**, v. 31, p. 1-10, 1992.

PUNT, W.; HOEN, P.; P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 143, p. 1-81, 2007.

RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; LIMA, G. L. Diversidade de grãos de pólen e esporos dos Campos do sul do Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. **Iheringia, Série Botânica**, v. 69, n. 1, p. 107-132, 2014.

ROBBRECHT, E. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. **Opera Botanica Belgica**, v. 1, p. 1-271, 1988.

ROBBRECHT, E.; MANEN, J. F. The major evolutionary lineages of the coffee family (Rubiaceae, angiosperms). Combined analysis (nDNA and cpDNA) to infer the position of *Coptosapelta* and *Luculia*, and supertree construction based on *rbcL*, *rps16*, *trnL-trnF*, and *atpB-rbcL* data. A new classification in two subfamilies, Cinchonoideae and Rubioideae. **Systematics and Geography of Plants**, v.76, p. 85-146, 2006.

ROUBIK, D. W.; MORENO, P. J. E. Pollen and spores of Barro Colorado Island. **Missouri Botanical Garden**, New York, p. 151-152, 1991.

ROVA, J. H. E.; DELPRETE, P. G.; ANDERSSON, L.; ALBERT, V. A. A *trnL-F* cpDNA sequence study of the *Condamineae*–*Rondeletieae*–*Sipaneeae* complex with implication on the phylogeny of the Rubiaceae. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 145-159, 2002.

Rubiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13829>>. Acesso em 27 jul. 2018.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados.** Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 1973.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac 1: Manual do usuário.** Campinas: Departamento Universidade Estadual de Campinas, 1996.

SILVA, F. H. M. **Contribuição a Palinologia das Caatingas**. 194f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.

SILVEIRA JÚNIOR, C. E. A.; SABA, M. D.; JARDIM, J. G. Pollen morphology of Rubiaceae Juss. species occurring in an área of caatinga (dryland) vegetation in Bahia State, Brazil. **Acta Botânica Brasilica**. v. 26, n. 2, p. 444-455, 2012.

SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; CHASE, M. W.; ALBACH, D. C.; ZANIS, M.; SAVOLAINEN, V.; HAHN, W. H.; HOOR, S. B.; FAY, M. F.; AXTELL, M.; SWENSEN, S. M.; PRINCE, L. M.; KRESS, W. J.; NIXON, K. C.; FARRIS, J. S. Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, rbcL and atpB sequences. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 133, p. 381-461, 2000.

SOUZA, D. C.; SOUZA, M. C. Levantamento florístico das tribos Psychotrieae, Coussareeae e Morindeae (Rubiaceae) na região de Porto Rico, alto rio Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 1998.

SOUZA, E. B.; MIGUEL, L. M.; CABRAL, E. L.; NEPOMUCENO, F. A. A.; LOIOLA, M. I. B. *Borreria apodiensis* (Rubiaceae: Spermacoceae), a new species from Ceará and Rio Grande do Norte, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, 2016.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2008.

TAYLOR, C.; GOMES, M.; ZAPPI, D. **Psychotria in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14162>>. Acesso em: 28 Mai. 2018.

VERDCOURT, B. Remarks on the classification of the Rubiaceae. **Bulletin du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles**, v. 28, n.3, p. 209-290, 1958.

VERELLEN, J.; DESSEIN, S.; RAZAFIMANDIMBISON, S. G.; SMETS, E.; HUYSMANS, S. Pollen morphology of the tribes Naucleae and Hymenodictyeae (Rubiaceae – Cinchonoideae) and its phylogenetic significance. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.153, p. 329–341, 2007.

VIEIRA, S. **Introdução à Bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1981.

YANG, L-L.; LI, H-L.; WEI, L.; YANG, T.; KUANG, D-Y.; LI, M-H.; LIAO, Y-Y.; CHEN, Z-D.; WU, H.; ZHANG, S-Z. A supermatrix approach provides a comprehensive genus-level phylogeny for Gentianales. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 54, n. 4, p. 400–415, 2016.

YBERT, J. P.; SCHELL-YBERT, R.; CARVALHO, M. A. **Grãos de pólen de plantas vasculares do Estado do Rio de Janeiro**. Volume IV. 2018.

ZAPPI, D. Revision of *Rudgea* (Rubiaceae) in Southeastern and Southern Brazil. **Kew Bulletin**, v. 58, n. 3, p. 513-596, 2003.