

THAÍLA VIEIRA ALVES DOS SANTOS

**ESTUDOS MICROMORFOLÓGICOS EM
PORTULACA L. (PORTULACACEAE) DO
BRASIL**

FEIRA DE SANTANA – BA

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**ESTUDOS MICROMORFOLÓGICOS EM *PORTULACA* L.
(PORTULACACEAE) DO BRASIL**

THAÍLA VIEIRA ALVES DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

ORIENTADORA: PROF^a DRA. REYJANE PATRÍCIA DE OLIVEIRA

CO-ORIENTADORA: PROF^a DRA. KELLY REGINA BATISTA LEITE

FEIRA DE SANTANA – BA

2016

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

S239e Santos, Thaíla Vieira Alves dos
Estudos micromorfológicos em *Portulaca* (Portulacaceae) do Brasil /
Thaíla Vieira Alves dos Santos. – Feira de Santana, 2016.
100 f.; il.

Orientadora: Reyjane Patrícia de Oliveira.
Coorientadora: Kelly Regina Batista Leite.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana,
Programa de Pós-Graduação em Botânica, 2016.

1. *Portulaca* – Micromorfologia. I. Oliveira, Reyjane Patrícia de,
orient II. Leite, Kelly Regina Batista, coorient III. Universidade
Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 582.666

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Cláudia Elena Carneiro
Departamento de Ciências Biológicas, UEFS

Prof. Dr. José Hernandes Lopes Filho
Instituto de Biociências, USP

Prof. Dra. Kelly Regina Batista Leite
Departamento de Botânica, UFBA
Co-orientadora e Presidente da banca

A flor e a náusea

“...Uma flor nasceu na rua!
Passem de longe, bondes, ônibus, rio de aço
do tráfego.
Uma flor ainda desbotada
ilude a polícia, rompe o asfalto.
Façam completo silêncio, paralitem os
negócios,
garanto que uma flor nasceu.
É feia. Mas é flor. Furo o asfalto, o tédio, o
nojo e o ódio...”

Carlos Drummond Andrade

AGRADECIMENTOS

Preciso começar esse tópico agradecendo as duas pessoas que fizeram desses dois anos e do desenvolvimento do meu projeto dias maravilhosos. Falo de mulheres fortes, inspiradoras, delicadas e duras como rocha, que dividem seu tempo e conhecimento com pessoas, que muitas vezes, chegam não se sabe de onde e nem para onde vão. Além de agradecer por toda gama de conhecimento que compartilharam comigo a cada dia, tenho que agradecer pelo carinho e amor com o qual essas mulheres cuidaram de mim. Preciso dizer, elas são minha inspiração de cada dia, e nos dias em que acordei e pensei em desistir, foi o exemplo delas que me fazia recomeçar, pois agora eu tenho um novo sonho, um dia quem sabe ser metade do que elas são e assim inspirar outros como elas me inspiraram. Então meu muito obrigada as minhas orientadoras do coração, Prof^ª Reyjane Patrícia de Oliveira e Prof^ª Kelly Regina Batista Leite.

Agradeço também aos meus mestres que contribuíram na minha jornada em busca do conhecimento. Obrigada especialmente à prof. Alexa Paes Coelho, pela ajuda taxonômica e pelas discussões decisivas para este trabalho.

A toda estrutura do Programa de Pós-graduação em Botânica da UEFS. Pelos que sempre ajudaram com meus problemas burocráticos, obrigada Fredson e Gardênia. Aos funcionários terceirizados do Labio, que fazem daquele prédio um prolongamento da nossa casa, com o cheirinho de café nos corredores a cada manhã. Aos professores, que abriram meus olhos para questionamentos e por compartilharem um pouco do seu conhecimento. Preciso agradecer com maior carinho e atenção aqueles que facilitaram e muito minha vida nesses dois anos, Prof. Carlos Wallace do Nascimento Moura e Prof. Luís Fernando Pascholati Gusmão, que forneceram meios estruturais para que este trabalho fosse concluído, obrigada.

Merecem ser recordados também todos os representantes do LAMIV- UEFS, com quem dividi muitos dias, cafés e conversas. Obrigada Prof^ª Claudia Helena Carneiro e Dr^º Paulino Oliveira, em especial a Prof^º Francisco de Assis Ribeiro dos Santos por contribuir nas correções dos manuscritos. Aos colegas de bancada muito obrigada!

E com um gostinho especial, agradeço do fundo do meu coração a Marcos Dórea e Luiz Antônio. Marquinhos, sem você esse trabalho não teria saído, sem você eu nunca teria a sensibilidade de perceber o quão belo esse trabalho poderia se tornar, muito obrigada pelo olhar cuidadoso, pelo carinho e atenção. Luiz Antônio, que é um dos presentes que a UEFS me deu, obrigada pelo apoio, pelos conselhos e principalmente por me fazer rir quando o que eu mais queria era fugir.

Aos colegas da pós-graduação, que se tornaram amigos e mostraram que um mestrado não é só feito de papo científico, mas também de risadas, companheirismo, coletas e as vezes cervejas. Obrigada Lucas Marinho, Ivan Abreu, Denis Nunes, Karena Pimenta, Adriana Queiroz, Danilo José, Cássia Bitencourt. Muito obrigada por facilitarem essa fase da minha jornada.

À turma de mestrado 2014! Para vocês preciso reservar um espaço especial, assim como o que vocês ocupam no meu coração hoje. A nossa turma não só me surpreendeu pela sua heterogeneidade, mas pelo modo como vocês quebraram todos meus paradigmas, medos e solidão que me aplacaram nesses dois anos. Vocês se tornaram parte da minha

vida, e vivo me perguntando como vocês sabem as palavras certas, como criticam com amor, como riem das mesmas besteiras que eu, como choram as mesmas dores que eu, como, como? Se somos todos tão diferentes... A resposta é simples e com comprovação pouco científica: é o destino, é o amor! E é com carinho especial que falo de Ana Angélica Mascarenhas, amiga, companheira anatomista, irmã científica. Gel, não tenho como expressar o que foram esses dois anos para nós, só quem viveu sabe, não tenho palavras para lhe agradecer, nem adianta tentar. Cássia Cristina, você é umas das pessoas mais doces que eu tive o prazer de conhecer, mesmo que não pareça, te amo, obrigada por tudo. Rodrigo Lopes e Aline Stadnik, a taxonomia não podia me dar nada melhor do que vocês, obrigada pelos cafés transbordantes de doçura e ao amor que cultivamos juntos a cada dia. Atila Lelis, amigo, obrigada pelos muitos dias juntos. Renata Aspino e Maria Aparecida obrigada pelas delicadezas e amenidades que só amizades novas trazem. E que venha o doutorado!

E já que estou falando de amor e de pessoas maravilhosas que a academia tem me proporcionado conhecer tenho que falar do LAVIM – UFBA, pessoas maravilhosas que me doaram um lugar para chamar de meu, um espaço físico que não se basta, que ultrapassa as paredes duras e frias da universidade. Pessoas com quem compartilho trabalho e vida pessoal, então um muito obrigado eterno aos Lavinianos por me darem uma “casa” acadêmica para onde quero sempre voltar.

Mas eu não sou feita só de universidade, então preciso agradecer aos meus que vieram até mesmo antes da Universidade. Agradeço aos meus amigos que me ajudaram a superar o estresse, a ansiedade, o medo, a insegurança e que também comemoraram todas as minhas vitórias comigo. Obrigada por absolutamente tudo, Alan Martins, Gabriela Queiroz, Ariane Varjão, Bárbara Fortunato, Caroline Magnoli, Andréia Gandara (da academia e da vida desde sempre), Tatiana Barbosa, Monique Fraga, Gabriela Margalho, Marina Coelho e Willen Hime.

Também sou grata a minha unidade, meu porto, o que me faz ser forte sempre, minha família. Obrigada por estarem ao meu lado em qualquer circunstância e por serem tão maravilhosa quanto eu pudesse almejar. Obrigado Jader e Ivonete, pai e mãe, por fazer de mim o que sou e mesmo com meus defeitos me amarem tanto. Obrigada Marcelo e Alexandre, irmãos maravilhosos que caminharam e caminharão ao meu lado por toda uma vida. Malu, Gabi, Pedrinho, Belinha e Gabriel, sobrinhos mais fofos e danados que eu poderia ter e obrigada por me lembrarem a cada dia que a vida não pode ser tão engessada e me desculpem por não poder ter brincado tanto com vocês nesses dois anos.

Por fim, mas de modo nenhum menos importante agradeço aos que não compartilham mais o mesmo plano ou dimensão comigo. Minhas avós Zilda e Diva, meu avô Walquirio, meu amado padrinho Vital, minha tia Sônia e amada amiga Isabela Ribeiro. Que todos vocês, onde quer que estejam recebam as boas vibrações e felicidade que estou sentindo hoje e que possamos deste modo estar sempre conectados, pois vocês fazem parte de mim, então fizeram parte dessa jornada. E a Deus, que está sempre iluminando minha caminhada, me dando opções, caminhos, luz, amor e me proporcionando conhecer todas essas pessoas maravilhosas.

Muito obrigada.

RESUMO

A família Portulacaceae pertence à ordem Caryophyllales e juntamente com Anacampserotaceae, Cactaceae e Talinaceae, formam o clado ACPT. Na sua atual circunscrição, é composta exclusivamente pelo gênero *Portulaca* L., que inclui ervas suculentas, com tricomas axilares, flores normalmente pentâmeras solitárias ou organizadas em inflorescência capituliformes, rodeadas por folhas involucrais e produzindo frutos capsulados com muitas sementes reniformes. O gênero é cosmopolita e reúne cerca de 100 espécies muitas vezes de difícil delimitação. O presente estudo inclui análise de materiais de herbário do Brasil e coletas em diferentes regiões do Semiárido, especialmente na Bahia. Análises realizadas sob microscopia óptica e eletrônica de varredura tiveram como objetivo verificar a importância de caracteres micromorfológicos para fins taxonômicos e ecológicos nesse grupo. Os padrões observados na ornamentação das sementes permitem o reconhecimento de todas as espécies ocorrentes no Brasil, e a morfologia polínica, pouco explorada na família, incluiu três tipos básicos. Com base nesses dois conjuntos de dados, duas novas espécies são propostas, *P. giuliettiae* T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho e *P. goiasensis* T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho, segregadas de *P. hirsutissima* Camb. As informações da morfoanatomia foliar não foram úteis na delimitação das espécies, mas concordam com os clados recuperados nas filogenias disponíveis para o grupo. Além disso, as informações da anatomia das folhas, dos caules e dos compostos químicos evidenciados permitem inferências ecológicas, relacionados à tolerância a períodos sazonais de déficit e excesso hídrico no semiárido.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I.	
Micromorphological features revealing two new species of <i>Portulaca</i> (Portulacaceae) from Brazil, segregated from <i>P. hirsutissima</i>	12
CAPÍTULO II.	
Padrões micromorfológicos em grãos de pólen e sementes de Portulacaceae do Brasil: implicações taxonômicas.....	38
CAPÍTULO III.	
Morfoanatomia e histoquímica de folhas e caules de espécies de <i>Portulaca</i> L. (Portulacaceae) ocorrentes no Semiárido, Brasil: implicações ecológicas	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92

INTRODUÇÃO GERAL

Portulacaceae está inserida na ordem Caryophyllales (APG IV 2016), posicionada no clado ACPT, que inclui ainda Anacampserotaceae, Cactaceae e Talinaceae (Nyffeler & Eggli 2010). As relações filogenéticas de Portulacaceae têm sido constantemente avaliadas, sendo que os estudos mais recentes delimitaram quatro famílias monofiléticas, além das supracitadas, a partir de sua delimitação tradicional, sendo elas: Basellaceae, Didiereaceae, Halophytaceae e Montiaceae (Nyffeler & Eggli 2010).

Jussieu (1789) descreveu Portulacaceae com aproximadamente 450 espécies em 12 gêneros e posicionou a família entre Cactaceae e Aizoaceae. Estudos taxonômicos na família apresentam divergências dependendo do autor, a exemplo de De Candolle (1828) e Bartling (1830), que agruparam *Portulaca* a membros de famílias atualmente correlatas a Portulacaceae e atual Basellaceae. Na outra vertente e com base em dados morfoanatômicos, Fenzl (1836; 1839), Endlicher (1840) e Baillon (1886) reuniram em Portulacaceae alguns gêneros das atuais Aizoaceae, Caryophyllaceae e Molluginaceae.

Carolin (1987) considerou trabalhos baseados exclusivamente em caracteres macromorfológicos como pouco informativos para compreender as relações na família e também sugeriu a segregação do gênero *Calandrinia* Kunth, enfatizando a relação não natural da família. Posteriormente, outros autores apresentaram evidências de que a delimitação tradicional de Portulacaceae estaria sendo composta por distintas linhagens evolutivas (Bittrich 1993; Hershkovitz 1993; Hershkovitz & Zimmer 1997; 2000; Applequist & Wallace 2001; Cuénoud *et al.* 2002; Nyffeler 2007; Nyffeler & Eggli 2010).

Portulaca L. é único gênero atualmente aceito na família, o qual inclui ervas suculentas, anuais a perenes, com tricomas nas axilas foliares, conspícuos a abundantes, folhas opostas a alternas, flores solitárias ou formando inflorescências capituliformes rodeadas por folhas involucrais e fruto capsulado (Nyffeler & Eggli 2010; Ocampo &

Columbus 2012). O número de espécies aceitas em *Portulaca* oscila entre 40 (Geesink 1969) e 115 (Eggl & Ford-Werntz 2002), sendo que sua maior riqueza está contida nos trópicos, principalmente da África e Américas (Legrand 1962).

Atualmente são aceitas 13 espécies de *Portulaca* no Brasil: *P. amilis* Spegazzini, *P. elatior* Mart., *P. frieseana* Poelln., *P. grandiflora* Hook., *P. halimoides* L., *P. hatschbachii* Legr., *P. hirsutissima* Camb., *P. minensis* Legr., *P. mucronata* Link., *P. oleracea* L., *P. pilosa* L., *P. umbraticola* Kunth e *P. werdermannii* Poelln. (Coelho & Giuliatti 2010). Destas, nove ocorrem na região Nordeste e de forma geral, todas elas podem ser encontradas em áreas abertas, campos arenosos e solos pedregosos das caatingas e campos rupestres (Coelho & Giuliatti 2010).

Para melhor compreender as relações evolutivas na família, Ocampo & Columbus (2012) desenvolveram estudos com base em filogenia, biogeografia e número cromossômico. Deste modo, foi verificado que *Portulaca* apresenta dois grandes clados, um representado por espécies com filotaxia oposta (clado OL), de ocorrência no Velho Mundo (com exceção de *P. quadrifida* Linné, ocorrente no Caribe); e o outro clado inclui espécies com folhas alternas (clado AL) com distribuição Neotropical.

O clado OL é composto por dois clados, um com representantes Afro-Asiáticos e outro exclusivamente com espécies Australianas. O clado AL concentra a maioria das espécies da família, subdivididas em quatro clados: “Oleracea”, formado por espécies com tricomas axilares inconspícuos; “Umbraticola” caracterizado por indivíduos que apresentam uma ala membranácea na deiscência do fruto; “Pilosa” sem sinapormofia morfológica definida; e “Cryptopetala”, formado por espécies com vias metabólicas intermediárias C3-C4 (Ocampo & Columbus 2012; Ocampo *et al.* 2013).

As dificuldades encontradas na taxonomia da família são normalmente devidas ao hábito e/ou coloração das flores semelhantes, comuns tanto nas atividades de campo quanto

em análises de material de herbário. Em ambas as situações, os espécimes são frequentemente encontrados em estágio vegetativo, e mesmo em estágio reprodutivo, pode ocorrer sobreposição de caracteres. Ou ainda, após o processo de herborização, ocorre a perda de suas partes florais, dificultando igualmente sua identificação.

Segundo Coelho & Giuletta (2006, 2010) esse tipo de situação é bem evidente em pares de espécies como *Portulaca grandiflora* e *P. werdermannii*, ambas com flores grandes e de coloração magenta; entre *P. hirsutissima* e *P. werdermannii* com grande quantidade de tricomas axilares, flores magentas, folhas cilíndricas, e as quais coabitam as mesmas regiões da Chapada Diamantina; e entre *P. oleracea* e *P. umbraticola*, com hábito muito ramificado e prostrado, flores amarelas e os quais ocorrem normalmente em ambientes ruderais.

Caracteres macromorfológicos fornecem a maior parte das informações para identificação das plantas, tendo sido utilizados por muito tempo como único instrumento de evidência taxonômica e para análise de parentesco em diferentes níveis hierárquicos. Porém, outras abordagens na área de botânica são utilizadas para fins taxonômicos com sucesso, a exemplo dos estudos micromorfológicos, que acessam estruturas internas de órgãos tanto vegetativo quanto reprodutivo (Judd *et al.* 2009).

Estudos de anatomia aplicada à taxonomia são amplamente encontrados na literatura, com grande utilidade tanto em nível genérico como específico, em diferentes grupos de Angiospermas, a exemplo de Apocynaceae (Rio *et al.* 2005), Passifloraceae (Kurtz *et al.* 2003), Melastomataceae (Oliveira 2007), Myrtaceae (Oliveira *et al.* 2011), Poaceae (Jesus-Junior *et al.* 2012, Oliveira *et al.* 2008) e Cyperaceae (Hefler & Longhi-Wagner 2010), entre vários outros. Em Caryophyllales, trabalhos micromorfológicos com enfoque taxonômico analisam especialmente a morfologia das sementes, caráter já reconhecido com diagnóstico para delimitação específica, tanto em Portulacaceae (Legrand, 1962; Geesink 1969; Matthews & Levins 1986; Kim 2012; Ocampo 2013; 2015) quanto em outras famílias

da ordem (Cactaceae, Arroyo-Cosulchiet *et al.* 2006; Almeida *et al.* 2013; Talinaceae, Mendoza & Wood 2013).

Por outro lado, estudos com grãos de pólen têm sido pouco abordados em Portulacaceae, ao contrário de outras famílias da ordem (Nowicke & Luikart 1971; Ghazanfar 1984; Santos *et al.* 1997; Garralla *et al.* 2008). Em indivíduos de *Portulaca* esses estudos são escassos (Nyananyo 1992; Kim 2013), subestimando a importância dos dados palinológicos para compreender as relações taxonômicas no gênero.

Poucos também são os estudos que abordam aspectos anatômicos em Portulacaceae. Um dos estudos clássicos é o de Metcalfe & Chalk (1979) que apresenta uma descrição abrangente para a família antes desta se tornar monogenérica. Trabalhos mais recentes (Melo-de-Pinna 2009; Voznesenskaya *et al.* 2010; Ocampo *et al.* 2013) discordam de Metcalfe & Chalk (1957), que se referia a caracteres anatômicos como pouco variáveis na família e pouco convincentes para inferir relações com famílias correlatas, como Cactaceae.

Com o intuito preencher parte dessa lacuna e ampliar o conhecimento sobre Portulacaceae no Brasil, foram propostos estudos micromorfológicos envolvendo sementes e grãos de pólen, com cunho taxonômico, além de análises anatômicas e histoquímicas com cunho ecológico, com foco principal nas *Portulaca* ocorrentes na região do Semiárido. O capítulo 1 do presente trabalho apresenta a descrição de dois novos taxons para o Brasil, a partir de análises macro e micromorfológicas de indivíduos que até então eram referidos para *Portulaca hirsutissima*. O capítulo 2 inclui análises micromorfológicas com cunho taxonômico envolvendo grãos de pólen e sementes nas espécies de *Portulaca* com ocorrência no Brasil. E o capítulo 3 envolve um ensaio sobre anatomia e histoquímica através dos caules e folhas com ocorrência no semiárido, a fim de compreender relações entre as estruturas morfológicas e sua importância na sobrevivência dessas espécies em ambientes com extremos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.S.A.; PAOLI, A.A.S.; SOUZA, L.A.; COTA-SÁNCHEZ, H. 2013. Seedling morphology and development in the epiphytic cactus *Epiphyllum Phyllanthus* (L.) Haw. (Cactaceae: Hylocereeae). **The Journal of the Torrey Botanical Society** 140(2): 196-214.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**. Pp. 1-20.
- APPLEQUIST, W.L. & WALLACE, R.S. 2001. Phylogeny of the portulacaceous cohort based on ndhF sequence data. **Systematic Botany** 26: 406–419.
- ARROYO-COSULTCHI, G.; TERRAZAS, T.; ARIAS, A.; ARREOLA-NAVA, H.J. 2006. The systematic significance of seed morphology in *Stenocereus* (Cactaceae). **Taxon** 55(4): 983-992.
- BAILLON, H. 1886. **Histoires des Plantes: Monographies des Aristolochiacées, Cactacées, Mésembryanthémacées et Portulacacées**. Paris, Librairie Hachette.
- BARTLING, F.G. 1830. **Ordines naturales plantarum eorumque characters et affinitates; adjecta generum enumeratione**. Göttingen: Dietrich. Pp. 498.
- BITTRICH, V. 1993. *Introduction to Centrospermae*. In: Kubitzki, K., Rohwer, J.G. & Bittrich, V. (eds.) **The families and genera of vascular plants, vol. 2, Flowering plants: Dicotyledons; Magnoliid, hamamelid and caryophyllid families**. Berlin: Springer. Pp.: 13–19.
- CAROLIN, R. 1987. A review of the family Portulacaceae. **Australian Journal of Botany** 35: 383-412.
- COELHO, A.A.O.P. & GIULIETTI, A.M. 2006 Flora da Bahia: Portulacaceae. **Sitientibus: Série Ciências Biológicas** 6: 182-193

- COELHO, A.A.O.P. & GIULIETTI, A.M. 2010. O gênero *Portulaca* L. (Portulacaceae) no Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 24: 655-670.
- CUÉNOUD, P.; SAVOLAINEN, V.; CHATROU, L.W.; POWELL, M.; GRAYER, R.J. & CHASE, M.W. 2002. Molecular phylogenetics of Caryophyllales based on nuclear 18S rDNA and plastid rbcL, atpB, and matK DNA sequences. **American Journal of Botany** 89: 132–144.
- DE CANDOLLE, A.P.. 1828. Revue de la famille des Cactées. **Mémoires of the Museum of Histoire Naturelle** 17: 1–119.
- EGGLI, U. & FORD-WERNTZ, D. 2002. Portulacaceae. in: **Illustrated Handbook of Succulent Plants- Dicotyledons**. New York, Ed. Springer. Pp. 370-432.
- ENDLICHER, S. 1840. Ordo CCVI. Portulacaceae. in: **Genera plantarum secundum ordines naturales disposita**. Wien: Beck. Pp.: 946–955.
- FENZL, E. 1836. Monographie der Mollugineen und der Steudeliaceen, zweier Unterabtheilungen der Familie Portulacaceen. **Annals of Wiener Museum Naturgesch** 1: 337–384.
- FENZL, E. 1839. Monographie der Mollugineen. Zweiter Artikel. **Annals of Wiener Museum Naturgesch** 2: 244–310.
- GARRALLA, S.; MURUAGA, N.B.; CUADRADO, G. 2008. Morfología polínica de especies argentinas de *Rebutia* s. str (Cactaceae, Cactoideae). **Darwiniana** 46(2): 270-278.
- GEESINK, R. 1969. An account of the genus *Portulaca* in Indo-australia and the Pacific (Portulacaceae). **Blumea** 17(2): 275-301.
- GHAZANFAR, S.A. 1984. Pollen morphology of the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae), sections *Siphonomorpha* Otth. and *Auriculatae* (Boiss.) Schischk. **New Phytologist** 98: 683-690.

- GOTELLI, M.M.; SCAMBATO, A.; GALATI, B.; KIESLING, R. 2009. Pollen development and morphology in four species of *Pterocactus* (Cactaceae). **Annales Botanici Fennici** 46: 409-415.
- HEFLER, S.M. & LONGHI-WAGNER, H.M. 2010. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia das espécies de *Cyperus* L. subg. *Cyperus* (Cyperaceae) ocorrentes no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 24: 708-717.
- HERSHKOVITZ, M.A. 1993. Revised circumscriptions and subgeneric taxonomies of *Calandrinia* and *Montiopsis* (Portulacaceae) with notes on phylogeny of the Portulacaceous alliance. **Annals of the Missouri Botanical Gardens** 80: 333–365.
- HERSHKOVITZ, M.A. & ZIMMER, E.A. 1997. On the evolutionary origins of the cacti. **Taxon** 46: 217–242.
- HERSHKOVITZ, M.A. & ZIMMER, E.A. 2000. Ribosomal DNA evidence and disjunctions of Western American Portulacaceae. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 15: 419–439.
- JESUS-JUNIOR, L.A.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, K.R.B. & SILVA, L.B. 2012. Comparative analysis of the leaf anatomy in two *Parodiolyra* species (Poaceae: Olyreae) occurring on forests in Eastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 72: 205-210.
- JUSSIEU, A.L. 1789. **Genera Plantarum**, Ordines Naturales. Parrisiis. Pp. 312.
- JUDD, W.S.; CAMPBELL C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHOUE, M.J. 2009. **Sistemática Vegetal: Um enfoque filogenético**. 3ed., Artmed. Porto Alegre, Brasil. Pp. 632.
- KIM, I. 2012. Anatomical and morphological features of seeds in *Portulaca*. **Applied Microscopy** 42(4): 194-199.
- KIM, I. 2013. Morphological Features of Pollen Grains in *Portulaca*. **Applied Microscopy** 43(2): 75-80.

- KURTZ, JR.E.B. 1963. Pollen morphology of the Cactaceae. **Grana Palynologica** 4(3): 367-372.
- LEGRAND, C.D. 1962. Las especies americanas de *Portulaca*. **Anales del Museo de Historia Natural de Montevideo** 7: 1–147.
- LOPES-HERNANDES, J. & MELO-DE-PINNA, G.F. 2008. Análise morfométrica dos elementos traqueais em quatro espécies de *Portulaca* (Portulacaceae). **Acta Botanica Brasilica** 22(3): 607-613.
- LOPES-HERNANDES, J., OLIVEIRA-NETO, M.A., MELO-DE-PINNA, G.F.A., 2016. Different ways to build succulent leaves in Portulacineae (Caryophyllales). **International Journal of Plant Sciences** 177: 198-208.
- MATTHEWS, J.F. & LEVINS, P.A., 1986. The systematic significance of seed morphology in *Portulaca* (Portulacaceae) under scanning electron microscopy. **Systematic Botany** 11(2): 302-308.
- MELO-DE-PINNA, G.F. 2009. Non-lignified parenchyma in Cactaceae and Portulacaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society** 159: 322–329.
- METCALFE, C.R., CHALK. L., 1957. **Anatomy of the dicotyledons**. V.1. Oxford/London, Claredon Press. 1: 669-674.
- MENDOZA, M. F. & WOOD, J.R.I. 2013. Taxonomic revision of *Talinum* (Talinaceae) in Bolivia with a note on the occurrence of *Phemeranthus* (Montiaceae). **Kew Bulletin** 68: 233- 247.
- NYANANYO, B.L. 1992. Pollen Morphology in the Portulacaceae (Centrospermae). **Folia Geobotanicaet Phytotaxonomica** 27: 387-400.
- NOWICKE, J.W. & LUIKART, T.J. 1971. Pollen morphology of the Nyctaginaceae. **Grana** 11: 145-150.

- NYFFELER, R. 2007. The closest relatives of cacti: insights from phylogenetic analyses of chloroplast and mitochondrial sequences with special emphasis on relationships in the tribe Anacampseroteae. **American Journal of Botany** 94(1): 89-101.
- NYFFELER, R. & EGGLI, U. 2010. Disintegrating Portulacaceae: a new familial classification of the suborder Portulacineae (Caryophyllales) based on molecular and morphological data. **Taxon** 59(1): 227-240.
- OCAMPO, G. 2013. Morphological characterization of seeds in Portulacaceae. **Phytotaxa** 141(1): 1-24.
- OCAMPO, G. 2015. Systematic implications of seed morphological diversity in Portulacaceae (Caryophyllales). **Plant Systematics and Evolution** 301(4): 1215-1226.
- OCAMPO, G. & COLUMBUS, J.T. 2012. Molecular phylogenetic, historical biogeography and chromosome number evolution of *Portulaca* (Portulacaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution** 63: 97-112.
- OCAMPO, G.; KOTEYEVA, N.K.; VOZNESENSKAYA, E.V.; EDWARDS, G.E.; SAGE, T.L.; SAGE, R.F.; COLUMBUS, J.T. 2013. Evolution of leaf anatomy and photosynthetic pathways in Portulacaceae. **American Journal of Botany** 100 (12): 2388-2402.
- OLIVEIRA, J.B.S. 2007. **Anatomia foliar como subsídio à taxonomia de *Miconia Ruiz Et Pav* (Melastomataceae) em Pernambuco - Brasil**. Dissertação de mestrado em Ciências Biológicas Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 53 p.
- OLIVEIRA, R.P.; WAGNER, H.M.L. & LEITE, K.R.B. 2008. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia de *Raddia* Bertol. (Poaceae: Bambusoideae). **Acta Botanica Brasilica** 22: 1-19.

- OLIVEIRA, M.I.U.; FUNCH, L.S., SANTOS, F.A.R. & LANDRUM, L.R. 2011. Aplicação de caracteres morfoanatômicos foliares na taxonomia de *Campomanesia* Ruiz & Pavón (Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica** 25: 455-465.
- RIO, M.C.S.; KINOSHITA, L.S. & CASTRO, M.M. 2005. Anatomia foliar como subsídio para a taxonomia de espécies de *Forsteronia* G. Mey. (Apocynaceae) dos cerrados paulistas. **Revista Brasileira de Botânica** 28: 713-726.
- SANTOS, F.A.R., WATANABE, H.M. & ALVES, J.L.H. 1997. Pollen morphology of some Cactaceae of North-Eastern Brazil. **Bradleya** 15: 84-97.
- VOZNESENSKAYA, E.V.; KOTEYEVA N.K.; EDWARDS, G.E. & OCAMPO, G. 2010. Revealing diversity in structural and biochemical forms of C4 photosynthesis and a C3–C4 intermediate in genus *Portulaca* L. (Portulacaceae). **Journal of Experimental Botany** 61(13): 3647-3662.

CAPÍTULO I

Micromorphological features revealing two new species of *Portulaca* (Portulacaceae) from Brazil, segregated from *P. hirsutissima*

Artigo submetido para publicação no periódico *PHYTOTAXA*

**Micromorphological features revealing two new species of *Portulaca*
(Portulacaceae) from Brazil, segregated from *P. hirsutissima***

THAÍLA ALVES S. VIEIRA¹, ALEXA ARAÚJO DE O. PAES COELHO², MARCOS DA
COSTA DÓREA¹, FRANCISCO DE ASSIS R. DOS SANTOS, KELLY REGINA B.
LEITE³ & REYJANE PATRÍCIA OLIVEIRA¹

¹*Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, Avenida
Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brazil.*

²*Universidade do Estado da Bahia, Campus II-Alagoinhas, Departamento de Ciências Exatas
e da Terra, Rodovia Alagoinhas/Salvador, BR 110 – Km 03 s/n, 48040-210, Alagoinhas,
Bahia, Brazil.*

³*Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Rua Barão de Geremoabo, 147,
40170-290, Salvador, Bahia, Brazil.*

Authors for correspondence: thailavieira94@gmail.com

Abstract

Portulaca hirsutissima is a succulent herb that occurs in open fields, sandy or rocky soil in distinct regions in Brazil, belonging to the Portulacaceae family. We analyzed the external morphology, seeds and pollen grains in representatives of this species and related morphotypes along their known distribution. We observed a consistent variation in their micromorphology and two new species are here described and illustrated. *Portulaca giuliettiae* occurs in Eastern Brazil, from Paraíba to Rio de Janeiro and *P. goiasensis* is restricted to the Chapada dos Veadeiros, in Central Brazil, while *P. hirsutissima* is now considered as restricted to Minas Gerais State.

Key words: Caryophyllales, pollen grains, SEM, seed ornamentation, taxonomy

Introduction

Portulaca hirsutissima Cambessèdes (1829:191) belongs to the Portulacaceae, an important family in Caryophyllales (Stevens 2009) that currently includes a single genus in its delimitation, *Portulaca* Linnaeus (1762: 445) (Nyffeler & Eggli 2010). This species is endemic to Brazil, which was described based on plants from pastures in the municipality of Minas Novas, Minas Gerais State (Cambessèdes 1829). Rohrbach (1872) also reported its occurrence in the State of Bahia, and the current distribution of this species includes other areas in the Northeastern (Paraíba and Pernambuco States), Southeastern (Espírito Santo and Rio de Janeiro) and Central Western regions (Goiás) (Coelho & Zappi 2016).

This species has been characterized as a prostrate herb, with trichomes in the leaf axils, sometimes extending it around the stems; linear-lanceolate, hirsute and sessile leaf blades, with apical flowers in congested branches; mucronate and obcordate petals; and fruits as an obovate capsule (Eggli & Werntz 2002, Coelho & Giulietti 2006, 2010). Kuntze (1898) recognized *Portulaca hirsutissima* as a synonym of *P. pilosa* Linnaeus (1753: 445), under *P. pilosa* var. *hirsutissima* (Cambess.) Kuntze (1898: 15). Therefore, this placement had little acceptance among the taxonomists of this genus (Eggli & Werntz 2002, Coelho *et al.* 2010, Ocampo 2013). *P. pilosa* has a wide distribution in America, but in Brazil it is restricted to the North region (Coelho *et al.* 2010).

As part of the taxonomic study of *Portulaca* from America, Legrand (1962) has mentioned that *P. hirsutissima* and *P. confertifolia* Hauman (1925: 438), endemic to Argentina, are the only American members of this genus that be artrichomes on stems and leaf blades, that is known only in other species occurring in Africa. Besides these shared features, these two species have similar leaf blades, with flat adaxial surface, abundant trichomes on the leaf axils, style extended in the distal portion and short stigmas.

Legrand (1962) considered two varieties into *Portulaca confertifolia*, as well as *P. gilliesii* Hooker (1831: 3064) in its synonymy. However, recent studies of molecular phylogeny and micromorphology have indicated that they represent different taxonomic and evolutionary entities (Ocampo & Columbus 2012, Ocampo *et al.* 2013, Ocampo 2013). These studies showed that the pilosity that often covers the body plants is a result of a possible convergence. Results obtained by Ocampo *et al.* (2013) suggested that *P. confertifolia* belongs to the 'Pilosa clade', a separated lineage from *P. hirsutissima*, which is placed in 'Cryptopetala clade'.

Portulaca hirsutissima is sometimes mentioned as similar to *P. werdermannii* Poellnitz (1933: 164), endemic to Bahia (Eggle & Werntz 2002, Coelho & Giulietti 2006, 2010). These two species may be sympatric along the Chapada Diamantina region and in spite of the similar habit and corolla coloration (magenta on both species), *P. werdermannii* lacks trichomes on stems and leaf blades. The phylogeny of Ocampo *et al.* (2013) recovered clades supported by anatomical features of the leaf blades, and even though *P. werdermannii* had not been included in that study, the anatomical patterns recently detected by Vieira *et al.* (in prep.) suggested that this species may be part also of the 'Pilosa clade'.

Some authors like Carolin (1987) have stressed that in Portulacaceae, taxonomic interpretations may be erroneous when is based only on macromorphological characters. Therefore, studies involving micromorphological characters, mainly seeds ornamentation, have provided important contributions to the taxonomy within this group (Legrand 1962, Geesink 1969, Matthews & Levins 1986, Kim 2012, Ocampo 2013, 2015, Vieira *et al.* in prep.). In these works, it is clear the singularity of the patterns of seed surface for the specific delimitation in *Portulaca*.

In addition, information from pollen grains have been considered less informative to the taxonomy of this family (Carolin 1987), but our recent analyses have shown considerable

variation in these features, which are consistent with patterns observed in both seeds and leaf anatomy (Vieira et al. in prep.).

Based on that, the main objective of this study was to analyze macro and micromorphological data to recircumscribe *Portulaca hirsutissima*. We herein describe two new species and the features that distinguish them in relation to the other taxa are discussed below.

Material and methods

Sample collection and macrophological analyses

As part of this study, we first analyzed herbaria material previously identified as *Portulaca hirsutissima*. Fieldwork was made along the distribution known to this species and related morphotypes in Brazil (Tab. 1), with vouchers being deposited at herbarium HUEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana, Brazil). The macromorphological information was based on collections available in Brazilian herbaria, mainly ALCB, HUEFS and RB (acronyms according to Thiers 2016), but we also analyzed samples in virtual herbaria (for example, NY, P and K, among others). The morphological terminology followed Coelho & Giulietti (2006, 2010) and Ocampo (2013).

Specimens from distinct sites along the known distribution of this group in Brazil (Fig. 1) were selected to be included in micromorphological studies (Tab. 1). We also used herbaria labels for obtaining the GPS information in order to produce the distribution map. The coordinates were organized in an Excel matrix and analyzed using the ARCMAP software (ESRI 2008).

Morphological analyses

Pollen analysis in optical microscopy involved 25 measurements of diameter (D) and ten for exine (EX), nexine (NE), sexine (SE) to each sample; sculptural elements were determined within seven days after the preparation of the slides (Salgado-Labouriau 1973). For the analysis of these structures in scanning electron microscopy (SEM), most pollen grains were subjected to acetolysis (Erdtman 1952) and then to the upward-alcohol series (50%, 70%, 90% and 100%), except for two samples (*Pastore et al. 1788* and *Irwin 13362*), due to fragile pollen grains. All the samples were placed in stubs, subsequently coated with gold on sputter Balzers SCD 050. Unacetolyzed samples were mounted directly in double-face carbon tape in stubs and coated with gold. For the seed analysis at SEM, similarly to the pollen grains, samples without pre-treatment were deposited on stubs covered with double sided carbon tape, which were subsequently metallized with gold.

The samples of pollen grains were electron micrographed in a SEM JEOL JSM-6390LV of the Electron Microscopy Platform Research Center Gonçalo Muniz, at Oswaldo Cruz Foundation (FIOCRUZ-ME-CPqGM). The seed samples were partially analyzed in the same place, but we also used the SEM ZEISS LEO 1430VP, in the Scanning Electron Microscopy Laboratory at the Universidade Estadual de Feira de Santana (LABMEV UEFS). The micromorphological characterization followed general glossaries, as well as Punt *et al.* (2007), Hesse *et al.* (2009) for the pollen grains, and Ocampo (2013) for the seeds.

Taxonomic Treatment

Macro and micromorphological characters which distinguish *Portulaca hirsutissima* from the two new species here described, are given in the table 2-4.

Portulaca giuliettiae T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho, *sp. nov.* Fig. 1-2, 4-5.

It differs from *Portulaca hirsutissima* by the seeds covered by grayish and granulated wax throughout the relief, the outline irregular or corrugated in “U” or “T”, not bifurcated, the cells without convex projections; pollen grains pantocolpate, synaperturate, clypeate, the colpes arranged in pentagons.

Type:—BRAZIL. Bahia: Mulungu do Morro, estrada de Segredo para Bonito, 810m, 12° 0' 23.000" S, 41° 32' 4.999" W, 30 August 1999, *D.S. Carneiro-Torres 123* (holotype HUEFS!).

Herb succulent, decumbent or rarely erect, 5.0–28 cm tall, stems branched, green to purplish; axillary trichomes overlying the entire stem, abundant and conspicuous, whitish, wooly. Leaves sessile, leaf blades 0.5–1.4 cm length, oblong-linear, adaxial surface flat, the abaxial convex, midrib not evident, base rounded, apex acute, sometimes purplish, margin entire, trichomes covering both surfaces. Inflorescence a terminal capitulum 3–9 flowers, opening one at a time. Flowers sessile; sepals 0.5 - 1cm, with hirsute trichomes along the margins and abaxial surface, concave, apex acute; petals 5, obcordate, apex emarginate, yellow, pink or magenta; style and filaments yellow or pink, similar to the petals coloration; stamens numerous, anthers yellow; pollen grains pantocolpate, clypeate, synaperturate, colpes organized in pentagons, exine spiny with annulate perforations. Fruit capsule sessile, 2.5–5.0 x 2.0-3.0 mm, base conical, 0.3–0.5 mm length, operculum ovoid 1.5–3.0 x 1.0–3.0 mm seeds reniform, numerous per fruit, 0.3–0.5 mm length, black, seeds covered by grayish and granulated wax throughout the relief, the outline irregular or corrugated in “U” or “T”, not bifurcated, the cells without convex projections.

Etymology:—This epithet honors Dr. Ana Maria Giulietti Harley, an important Botanist who encouraged taxonomic studies on various plant families in Brazil, including Portulacaceae.

Morphological comments:—The new species *Portulaca giuliettiae* (Fig. 2A-F) is distinguishable from *P. hirsutissima* mainly by micromorphological characters, including pollen grains pantocolpate clypeate, such colpes are organized in pentagons, the exine spiny with annulate perforations (Fig. 2D e 4 A). This is the commonest pollen morphology in other congeners, but it was not found in other species of this hairy group. The seeds (Fig. 2E-F and 4B) are also distinct, covered by grayish and granulated wax throughout the relief, the outline irregular or corrugated in “U” or “T”, not bifurcated, and such cells have not convex projections.

Instead of these consistent microcharacters, the corolla coloration in this new species is very variable, occurring in a gradient among magenta (Fig. 1C) or intermediates (Fig 1D) to yellowish (Fig 1E), mainly in individuals from Bahia. We observed that the specimens collected in rocky soils of campo rupestre vegetation from Chapada Diamantina region often have yellowish coloration, while in sandy soils at the same locality predominated corolla pink to magenta. This variation was seen in individuals only a few meters away and should be best analyzed by molecular markers.

Distribution, habitat and conservation:—*Portulaca giuliettiae* is found in the Eastern Brazil, from Pernambuco to Rio de Janeiro, except in Alagoas and Sergipe States until this moment. It is commonly found in restinga, campo rupestre vegetation, as well as in open and ruderal places. Its individuals often grow on sandy, rocky or calcareous soils (Fig. 5). According to the IUCN criteria (IUCN 2010), this species is here considered as LC (Least Concern), due to its large distribution in several Brazilian states.

Paratypes:—BRAZIL. Bahia: Palmeiras, 29 January 2015, *Vieira 147, 150* (HUEFS); Morro do Chapéu, 15 January 2014, *Vieira 5, 9* (HUEFS). Espírito Santo: Barra do Jacu, 12 February 2013, *Sucre & Braga 4611* (RB); Nova Venécia, 14 January 2009, *Fontana et al. 578* (RB); Vitória, 24 January 1985, *Heleodoro & Weinberg 265* (RB). Paraíba, Mata Redonda, 15 November 1954, *Falcão et al. 1130* (RB). Pernambuco, Serra do Catimbau, 11 November 2003, *Souza 397* (HUEFS). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 6 June 2003, *Calvente et al. 40* (RB); 13 November 2003, *Braga et al. 7265* (RB); 18 February 1951, *Brade & Duarte 20587* (RB).

Portulaca goiasensis T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho, *sp. nov.* Fig. 1, 3-5.

It differs from *Portulaca hirsutissima* and *P. giuliettiae* by the seeds covered by grayish and granulated wax only at the basis of the cell relief, the outline corrugated in “U”, bifurcated, the cells with convex projections; pollen grains pantocolpate, synaperturate, colpes arranged in a spiral.

Type:—BRAZIL. Goiás: São João d’Aliança, 3km de Alto Paraíso (Sul), 14°42’30S. 47°31’17”W, 12 March 2007, *J.F.B. Pastore et al. 1788* (holotype HUEFS!).

Herb succulent, decumbent or rarely erect, 7.0–10 cm tall, stem branched, green to purplish; axillary trichomes overlying the entire stem, abundant and conspicuous, whitish, wooly. Leaves sessile, leaf blades 0.5–1 cm length, oblong-linear, adaxial surface flat, the abaxial convex, midrib not evident, base rounded, apex acute, sometimes purplish, margin entire, trichomes covering both surfaces. Inflorescence a terminal capitulum, 3–7 flowers, opening

one at a time. Flowers sessile; sepals 0.4–1 cm, with hirsute trichomes along the margins and abaxial surface, concave, apex acute; petals 5, obcordate, apex emarginate, yellow; style and filaments yellow; similar to the petals coloration, stamens numerous, anthers yellow; pollen grains pantocolpate, synaperturate, colpes arranged in spiral, exine spiny with annulate perforations. Fruit capsule sessile, 2.0–2.5 x ca. 2.0 mm, base conical 0.5–1.0 mm length, operculum ovoid 2.0 x 2.5 mm; seeds reniform, numerous per fruit, 0.2–0.4 mm length, black, covered by grayish and granulated wax only at the basis of the cell relief, the outline corrugated in “U”, bifurcated, the cells with convex projections.

Etymology:—The epithet refers to the geographical distribution of this new species, here considered as endemic to the Chapada dos Veadeiros, Goiás, in central Brazil (Fig. 5).

Morphological comments:—*Portulaca goiasensis* (Fig. 3A-F) is similar to *P. giuliettiae* and *P. hirsutissima*, based on macromorphological characters, vegetative and floral ones. Therefore, the few specimens known have exclusively yellow corolla (Fig. 1F). It may be characterized mainly by its micromorphology, such pollen grains are pantocolpate and have synaperturate colpes in a spiral (Fig. 3D and 4D), a peculiar feature that until now had not been registered for this genus. The seeds of this species are covered by grayish and granulated wax only at the basis of the cell relief, being the outline corrugated in “U”, bifurcated, and the cells with convex projections, which are also important features to distinguish this new species (Fig. 3F).

Distribution, habitat and conservation:—*Portulaca goiasensis* is here indicated as endemic to cerrado and campo rupestre vegetations in Goiás State, in the central Brazil. The individuals were found in dirty fields near streams and rocky soils in five municipalities from

the Chapada dos Veadeiros region (São João d'Aliança and Serra dos Cristais) (Fig. 5). According to the IUCN criteria (IUCN 2010), this species may be considered as EN (Endangered) B1ac (ii, iii), with a known AOO of about 120km²; but it is possibly subsampled along its distribution.

Paratypes:—BRAZIL: Goiás: Serra dos Cristais, 3 March 1964, *Irwin et al.* s.n. (RB 13362).

Portulaca hirsutissima Cambèsseds (1829: 191).

Type:—Brazil, Minas Gerais, Nossa Senhora da Penha, s.d., *Laruotte* s.n. (holotype P!).

Herb succulent, prostrate, rarely erect, 7.0–30 cm tall, stems branched, green to purplish; axillary trichomes overlying the entire stem, abundant and conspicuous, whitish, wooly. Leaves sessile; leaf blades 0.5–2 cm length, oblong-linear, adaxial surface flat, the abaxial convex, midrib not evident, base rounded, apex acute, sometimes purplish, margin entire, trichomes covering all surfaces. Inflorescence a terminal capitulum, 4–7 flowers, opening one at a time. Flowers sessile; sepals 0.5–0.8 cm, with hirsute trichomes along the margins and abaxial surface, concave, apex acute; petals 5, obcordate, apex emarginate, yellow; style and filaments yellow; similar to the petals coloration, stamens numerous, anther yellow; pollen grains pantoporate, with pores isolated and organized in a polyhedral shape, exine spiny with annulate perforations. Fruit capsule sessile, 2.0–3.0 x 1.5–3.0 mm, base conical, 0.2–1.0 mm length; operculum ovoid 1.5–3.5 x 1.0–2.5 mm; seeds reniform, numerous per fruit, 0.2–0.4 mm length, black, seeds covered by grayish and smooth wax throughout the relief, the outline irregular or corrugated in “U”, not bifurcated, the cells without convex projections.

Specimens selected:—BRAZIL. Minas Gerais: Diamantina, 11 March 2015, *Cardoso et al.* 3784, 3788 (HUEFS); Serra do Cipó, 5 February 2009, *Zappi et al.* 1713 (RB); Nova Belém, 22 April 2013, *Oliveira et al.* 350 (RB).

Morphological comments:—*Portulaca hirsutissima* (Fig. 1G-H) was traditionally considered as a very polymorphic species. Coelho & Giulietti (2010) cited the presence of corolla magenta and/or yellow in specimens of *P. hirsutissima* from Bahia, and corolla exclusively yellow to specimens from Minas Gerais and other states (Fig. 1G). As here recircumscribed, in a more restricted sense, it presents pantoporate pollen grains, such pores are isolated and organized in a polyhedral shape (Fig. 4G). In addition, the seeds (Fig. 4H) display the cells relief covered by a smooth wax deposition, and the outline is irregular or corrugated in “U” shape, not bifurcated and with convex projections (Fig. 4I).

Legrand (1962) and Coelho & Giulietti (2010) have indicated the presence of morphological similarity between *P. hirsutissima* and *P. confertifolia*, based on their hirsute trichomes covering all surfaces of the plants, referred only to these species for the Americas. In the present work we suggest that this morphological character also occurs to other two Brazilian species here described.

Distribution, habitat and conservation:— Samples of Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia and Paraíba are here transferred to *P. giuliettiae* (pollen pantocolpate, seeds without convex projections), and from Goiás, to *P. goiasensis* (with pollen grains with colpes spirally arranged and convex projections with wax only at the base). The specimens from the type collection, from Minas Gerais, and other samples with a similar micromorphology will be kept under the binomy *Portulaca hirsutissima*. The locations referred to this species in this state are associated with cerrado environments, on rocky and sandy fields. This species is

being considered as NT (Near Threatened), according to the IUCN criteria (IUCN 2010). It is restricted to Minas Gerais State, being directly affected by deforestation in that region.

Acknowledgments

We are grateful to Domingos Cardoso for the material collected in Minas Gerais and for some photographs; Maria Rosa Zanatta for given us some photographs; to Lucas M. Silva for preparing the illustrations; Lídia Campos for preparing the map; Marcio Santos for technical assistance; Marla I.U. Oliveira for English revision. We thank the FIOCRUZ for make viable the use of SEM; CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil), for fellowships given to TASV and MCD; the FAPESB (T.O. APP 0036/2011), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) as part of Flora da Bahia Program (grant 483909/2012-2) and PPBIO Semiárido network (457427/2012-4) for financial support. RPO also thank CNPq by a productivity grant (PQ1D).

References

- Cambessèdes, J. (1829) Portulacaceae. In A. St. Hilaire, A. Jussieu & J. Cambessèdes (Ed.) *Flora Brasiliae meridionalis* 4 ed., pp. 190–193.
- Carolin, R.C. (1987) A review of the Family Portulacaceae. *Australian Journal of Botany* 35: 383–412.
- Coelho, A.A.O.P. & Giuliatti, A.M. (2006) Flora da Bahia: Portulacaceae. *Sitentibus, Série Ciências Biológicas* 6(3): 182–193. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000300009>.
- Coelho, A.A.O.P. & Giuliatti, A.M. (2010) O gênero *Portulaca* L. (Portulacaceae) no Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24(3): 655–670. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000300009>.

- Coelho, A.A.O.P., Giulietti, A.M., Harley, R.M. & Yesilyurt J.C. (2010) Synonymies and typifications in *Portulaca* (Portulacaceae) of Brazil. *Kew Bulletin* 65: 37–43. <http://dx.doi.org/10.1007/s12225-010-9187-2>.
- Coelho, A.A. O.P. & Zappi, D. (2016) *Lista de Espécies da Flora do Brasil: Portulacaceae*, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available from: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20622> (accessed: 09 Jan. 2016).
- Eggle, U. & Ford-Werntz, D. (2002) Portulacaceae In. Eggle U. & Ford-werntz, D. (Ed.) *Illustrated Handbook of Succulent Plants- Dicotyledons*. Springer, New York, pp 370–432.
- Erdtman, G. (1952) *Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, pp. 541.
- Esri (2008) *Arcmap, version 9.3*. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute.
- Geesink, R. (1969) An account of the genus *Portulaca* in Indo-australia and the Pacific (Portulacaceae). *Blumea* 17(2): 275–301.
- Hauman, L. (1925) Portulacaceae In Hauman, L. (Ed.) *Anales del Museo Nacional Historia Natural de Buenos Aires "Bernardino Rivadavia"* xxxii. 154 (1923), nomen; et in An. Mus. Nac. Buenos Aires, xxxiii. 438
- Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchne, R., Frosch-Radivo, A. & Ulrich, S. (2009) *Pollen terminology: An illustrated handbook*. Springer, Wien, pp. 266.
- Hooker, W.J. (1831) Portulacaceae. *Curti's Botanical Magazine*. v. 5 plate 3064. London.
- IUCN (2010) *The IUCN red list of threatened species*, version 2010.4. IUCN Red List Unit, Cambridge U.K. Available from: <https://www.iucnredlist.org/> (accessed: 02 Mar 2016).

- Kim, I. (2012). Anatomical and morphological features of seeds in *Portulaca*. *Applied Microscopy* 42(4): 194–199. <http://dx.doi.org/10.9729/AM.2012.42.4.194>.
- Kuntze, O. (1898) Portulacaceae In Kuntze, O. (Ed.) *Revisio Generum Plantarum*, pp. 14–16.
- Legrand, C.D. (1962) Las Especies Americanas de *Portulaca*. *Anales del Museo de Historia Natural de Montevideo* 7(3): 9–147.
- Linneus, C. (1753) *Species Plantarum* (Ed.) Stockholm, pp. 560.
- Linneus, C. (1762) *Species Plantarum* (Ed.2) Holmiae, Laurentii Salvii, pp. 789.
- Matthews, J.F. & Levins, P.A. (1986) The systematic significance of seed morphology in *Portulaca* (Portulacaceae) under scanning electron microscopy. *Systematic Botany* 11(2): 302–308. <http://dx.doi.org/10.2304.224.234>.
- Nyffeler, R. & Eggli, U. (2010) Disintegrating Portulacaceae: a new familial classification of the suborder Portulacineae (Charyophyllales) based on molecular and morphological data. *Taxon* 59: 227–240.
- Ocampo, G. (2013) Morphological characterization of seeds in Portulacaceae. *Phytotaxa* 141(1): 1–24. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.141.1.1>.
- Ocampo, G. & Columbus, J.T. (2012) Molecular phylogenetics, historical biogeography, and chromosome number evolution in *Portulaca* (Portulacaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 63: 97–112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2011.12.017>.
- Ocampo, G., Koteyeva, N.K., Voznesenskaya, E.V., Edwards, G.E., Sage, T.L., Sage, R.F. & Columbus, J.T. (2013) Evolution of leaf anatomy and photosynthetic pathways in Portulacaceae. *American Journal of Botany* 100 (12): 2388–2402. <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.1300094>
- Ocampo, G. (2015) Systematic implications of seed morphological diversity in Portulacaceae (Caryophyllales). *Plant Systematics and Evolution* 301(4): 1215–1226. <http://dx.doi.org/10.1007/s00606-014-1146-1>.

- Poellnitz, V.P. (1933) Feddes Repertorium Specierum Novarum. *Regni Vegetabilis* 33:158–165.
- Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S. & Le Thomas, A. (2007) Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143:1-81.
- Rohrbach, P. (1872) Portulacaceae. In C.F.P. Martius & A.G. Eichler (Ed.) *Flora Brasiliensis* Munique, Lipsiae pp. 293–306.
- Salgado-Labouriau, M.L. (1973) *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 291p.
- Stevens, P.F. (2001 onwards). *Angiosperm Phylogeny Website*. Version 12, July 2012 [and more or less continuously updated since]. Available from: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (accessed:10 Dez 2015).
- Thiers, B. (2016; continuously updated) *Index Herbariorum: a global directory of public 22 herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. 23 Available from: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (accessed: 15 Jan 2016).

TABLE 1. Samples of *Portulaca hirsutissima* and allied species used in the present study. Brazilian States are indicated as BA: Bahia; ES: Espírito Santo; GO: Goiás; MG: Minas Gerais; PE: Pernambuco; PB: Paraíba; and RJ: Rio de Janeiro. HUEFS: Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana; RB: Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Species	Locality	Voucher	Herbarium
<i>P. hirsutissima</i>	Diamantina–MG	<i>Cardoso et al. 3784</i>	HUEFS
	Diamantina–MG	<i>Cardoso et al. 3788</i>	HUEFS
	Serra do Cipó–MG	<i>Zappi et al. 1713</i>	RB
	Nova Belém–MG	<i>Oliveira et al. 350</i>	RB
<i>P. giuliettiae</i>	Rio de Janeiro–RJ	<i>Calvente et al. 40</i>	RB
	Palmeiras–BA	<i>Vieira 147</i>	HUEFS
	Palmeiras–BA	<i>Vieira 150</i>	HUEFS
	Morro do Chapéu–BA	<i>Vieira 9</i>	HUEFS
	Morro do Chapéu–BA	<i>Vieira 5</i>	ALCB
	Mulungu do Morro–BA	<i>Carneiro-Torres 123</i>	HUEFS
	Vitória–ES	<i>Heleodoro & Weinberg 265</i>	RB
	Vila Velha–ES	<i>Sucre & Braga 4611</i>	RB
	Nova Venécia–ES	<i>Fontana et al. 5788</i>	RB
	Rio de Janeiro–RJ	<i>Braga et al. 7265</i>	RB
	Mata Redonda–PB	<i>Falcão et al. 1130</i>	RB
	Rio de Janeiro–RJ	<i>Brade & Duarte 20587</i>	RB
	Buíque–PE	<i>Souza 397</i>	HUEFS
<i>P. goiasensis</i>	Serra dos Cristais–GO	<i>Irwin et al. s.n.</i>	RB (13362)
	S. João d’Aliança–GO	<i>Pastore et al. 1788</i>	HUEFS

TABLE 2. Comparing *Portulaca hirsutissima* and related species by pollen characters. D = diameter, SE=sexine, NE=nexine, EX=exine, ES=spines, L= large; VL = very large
*variation range (mean \pm standard deviation). Measurements are given in μm .

Specimens	Aperture	Size Class	*Diameter (μm)	EX	SE	NE	ES
<i>P. hirsutissima</i>							
<i>Cardoso et al. 3784</i>	Pore	L	57,5(65,5 \pm 0,84)	4,0	2,7	1,3	3
<i>Cardoso et al. 3788</i>	Pore	L	72,5(81,9 \pm 1,01)90	3,4	3,3	1	2,7
<i>Zappi et al. 1713</i>	Pore	L	60(71,5 \pm 1,90) 82,5	3,9	2,9	1	2,8
<i>Oliveira et al. 350</i>	Pore	L	65(75,5 \pm 1,09)87,5	3,4	2,3	1,1	3,2
<i>P. giuliettiae</i>							
<i>Calvente et al. 40</i>	Colpus	L	62,5(82,4 \pm 1,66)100	4,8	3,7	1,1	3,5
<i>Vieira 147</i>	Colpus	L	75(85,2 \pm 0,81)92,5	4,2	3,2	1	4,1
<i>Vieira 150</i>	Colpus	L	62,5(77,5 \pm 1,31)90	3,3	2,3	1	2,4
<i>Vieira 9</i>	Colpus	L	57,5(66,4 \pm 0,93)75	4,0	3	1	3,2
<i>Vieira 5</i>	Colpus	L	80(91,8 \pm 1,52)113	4,1	3,1	1	3,1
<i>Carneiro-Torres 123</i>	Colpus	L	62,5(77,5 \pm 1,31)90	4,2	3,2	1	2,7
<i>Heleodoro & Weinberg 265</i>	Colpus	L	72,5(85,2 \pm 1,48)100	4,5	3,5	1,1	3,4
<i>Sucre & Braga 4611</i>	Colpus	L	57,5(66,4 \pm 0,92)75	3,5	2,5	1	3,6
<i>Fontana et al. 5788</i>	Colpus	L	70(81,5 \pm 1,56)100	4,2	3,2	1	3
<i>Braga et al. 7265</i>	Colpus	L	62,5(74,6 \pm 1,12)90	3,6	2,6	1	2,8
<i>Falcão et al. 1130</i>	Colpus	L	62,5(77 \pm 1,08)87,5	3,6	2,6	1	2,6
<i>Brade & Duarte 20587</i>	Colpus	L	62,5(74,6 \pm 1,12)90	4,4	3,1	1,3	3
<i>Souza 397</i>	Colpus	L	70(80,9 \pm 1,22)90	3,9	2,8	1	3,8
<i>P. goiasensis</i>							
<i>Irwin et al. s.n. (RB 13362)</i>	Colpus	L	75(85,6 \pm 1,82)107,5	3,7	2,7	1	3,4
<i>Pastore et al. 1788</i>	Colpus	VL	98(106 \pm 1,1)118	3,4	2,4	1	3

TABLE 3. Morphological characters of seeds in *Portulaca hirsutissima* and allies. ISO=isodiametric; EL=elongated; IR= irregular; BI= corrugated bifurcated; T= corrugated T-type (truncate); U= corrugated U-type; CV=convex; S= smooth; G= Granulated; GB= Granulated, only at the basis.

Species	Lateral face		Peripheral face		Zone near the funiculum		Wax deposition
	Cell outline walls	Cell relief walls	Cell outline walls	Cell relief walls	Cell outline walls	Cell relief walls	Cell relief walls
<i>P. hirsutissima</i>	IR/U	CV	IR/U	CV	U/T	CV	S
<i>P. giuliettiae</i>	IR/T/U	CV	IR	CV	IR	----	G
<i>P. goiasensis</i>	U/BI	CV	IR	CV	IR	CV	GB

TABLE 4. Summary of morphological comparisons among *Portulaca hirsutissima* and allies.

Character / species	<i>P. hirsutissima</i>	<i>P. giuliettiae</i>	<i>P. goiasensis</i>
Habit	Prostrate	Prostrate	Prostrate
Stem indumenta	Present	Present	Present
Leaf indumenta	Present	Present	Present
Corolla coloration	Pink or yellow	Magenta, pink, yellow	Yellow
Seed cell projection	Convex	Absent	Convex
Grayish wax deposition on cell relief	Smooth	Granulated throughout	Granulated, only at the basis of its cells
Cell outline	Irregular or corrugated in “U”, not bifurcated	Irregular or corrugated in “U” or “T”, not bifurcated	Corrugated in “U” shape, bifurcated
Pollen type	Pantoporate, pores isolated and organized in a polyhedral	Pantosyncolpate, colpes arranged in pentagons	Pantosyncolpate, colpes arranged in spiral
Geographic distribution	Minas Gerais (Brazil)	Bahia, Espírito Santo Paraíba, Pernambuco, and Rio de Janeiro (Brazil)	Goiás (Brazil)



FIGURE 1. Morphological features of individuals previously identified as *Portulaca hirsutissima* s.l.. **A.** Abundant hairs on the leaf axils (Vieira 147). **B.** Hirsute trichomes covering all surfaces of the leaves (Vieira 150). **C-E.** Specimen collected in Bahia (Vieira 150). **F-H.** Specimen collected in Minas Gerais (Cardoso *et al.* 3784).

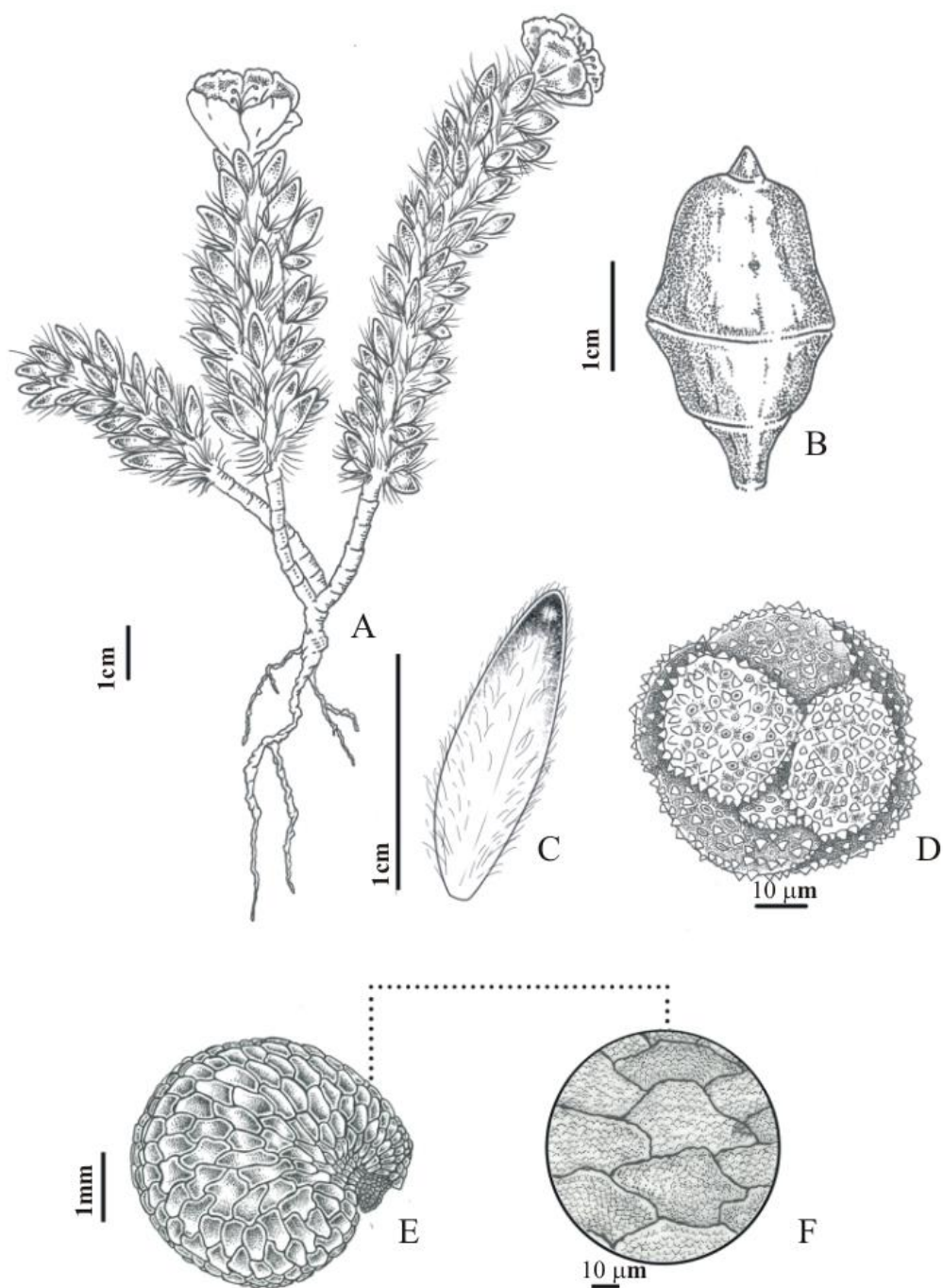


FIGURE 2. *P. giuliettiae*. **A.** Habit. **B.** Fruit; **C.** Hirsute leaf blades. **D.** Pollen grain. **E.** Seed. **F.** Seed detail (*Carneiro-Torres 123*).

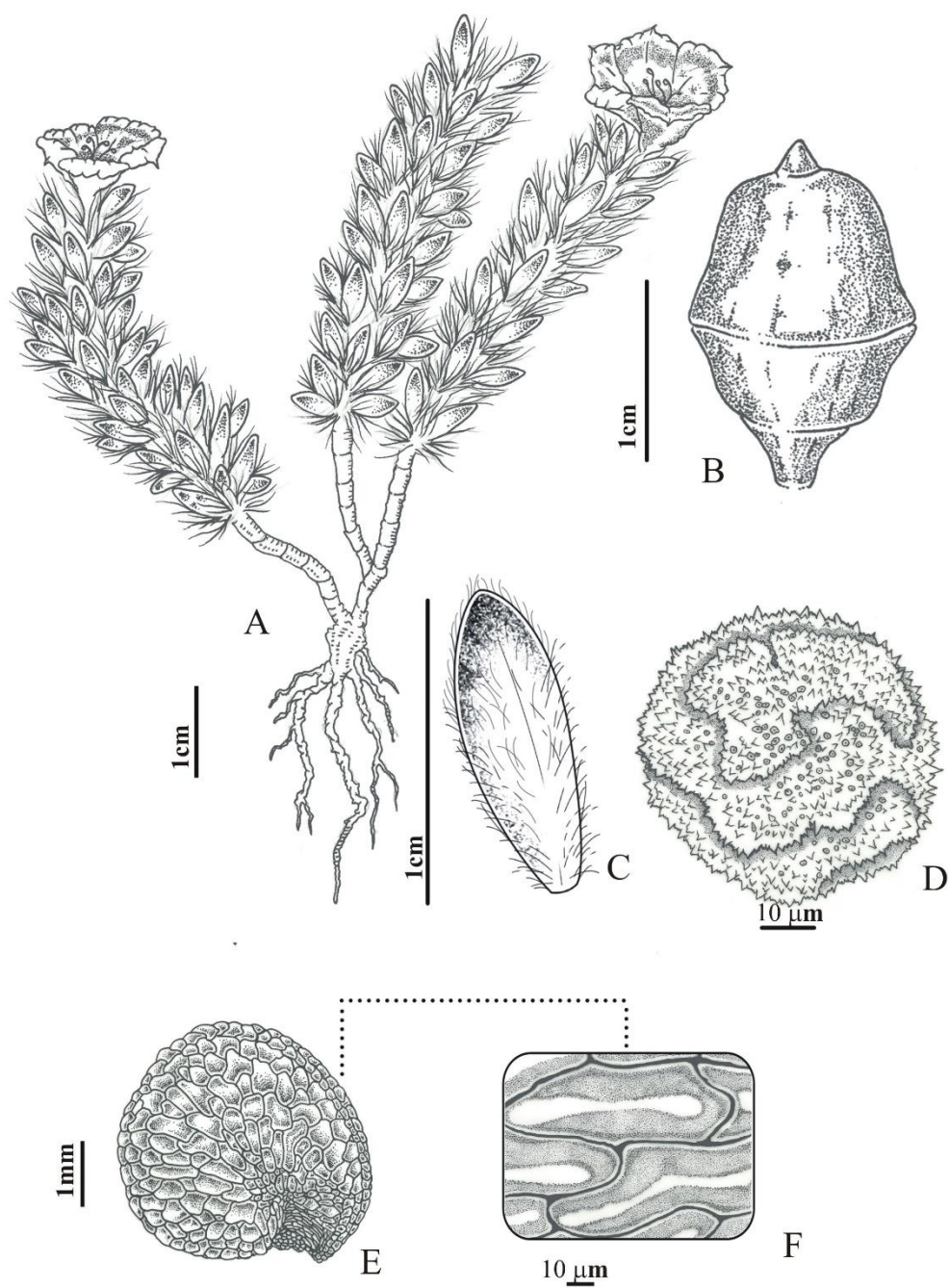


FIGURE 3. *P. goiasensis*. **A.** Habit. **B.** Fruit. **C.** Hirsute leaf blades. **D.** Pollen grain. **E.** Seed. **F.** Seed detail (*Pastore et al. 1788*).

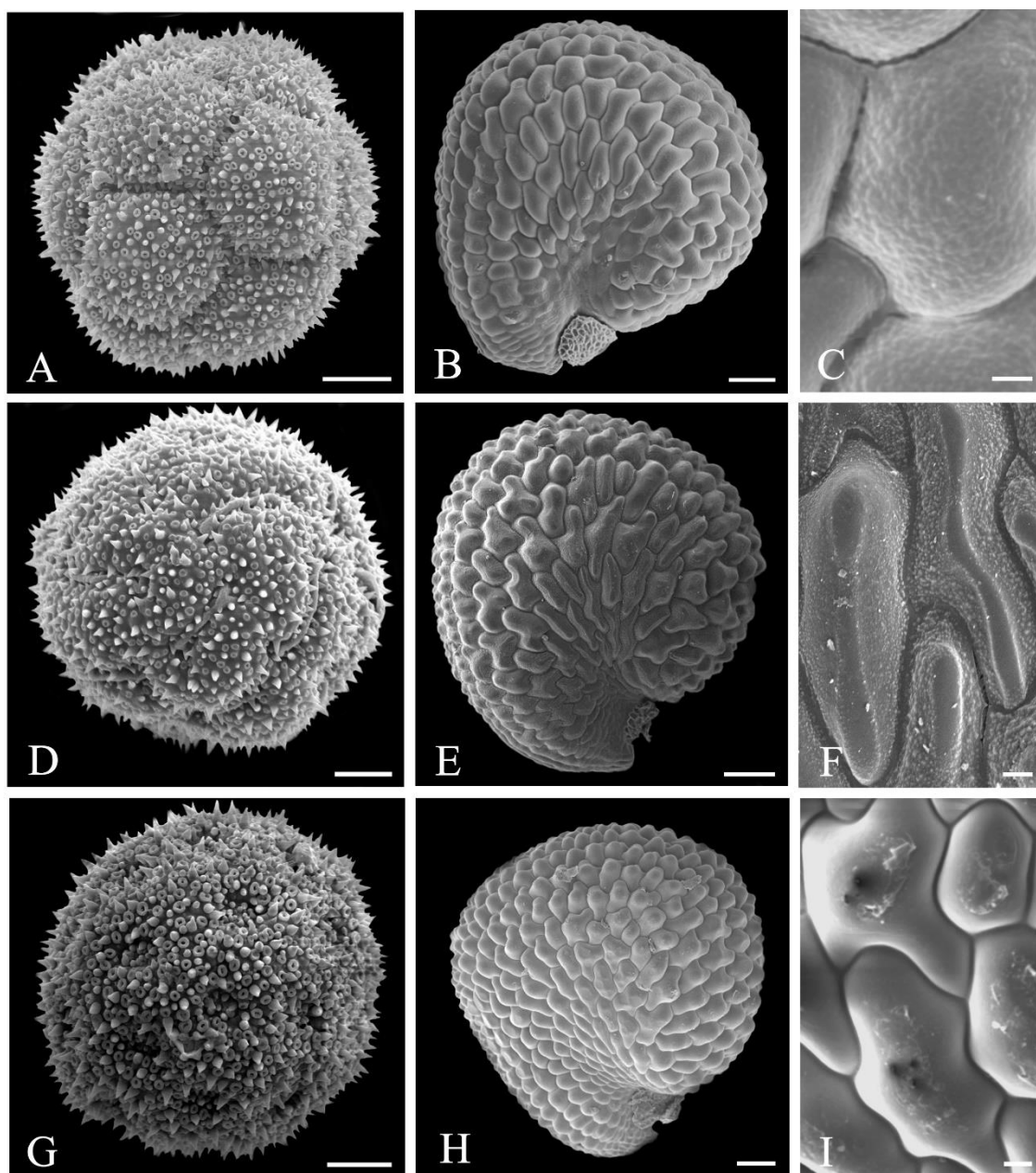


FIGURE 4. Micromorphological characters of pollen grains and seeds. **A-C.** *P. giuliettiae* (Carneiro-Torres 123). **D-F.** *P. goiasensis* (Pastore et al. 1788). **G-I.** *P. hirsutissima* (Cardoso et al. 3784). Bar = 10 μ m, except **B, E, H.** Scale bar: 100 μ m.

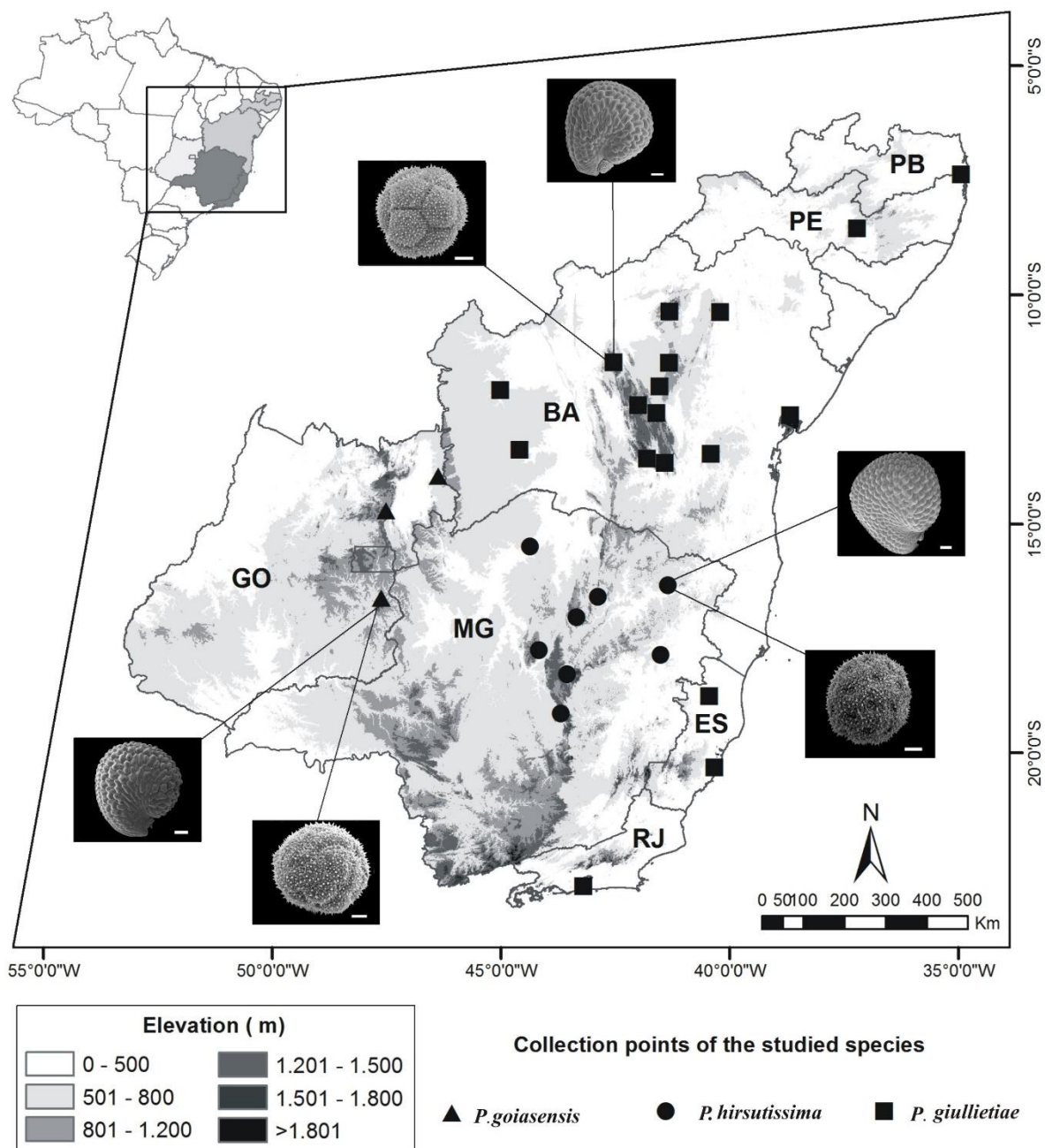


FIGURE 5. Geographic distribution of *Portulaca hirsutissima* and related species in Brazil.

Scale bar: 10 μ m for seeds and scale bar: 100 μ m for pollen grain.

CAPÍTULO II

Padrões micromorfológicos em grãos de pólen e sementes de Portulacaceae do Brasil: implicações taxonômicas

Padrões micromorfológicos em grãos de pólen e sementes de Portulacaceae do Brasil: implicações taxonômicas

Thaíla Alves S. Vieira¹, Alexa Araújo O. P. Coelho², Marcos C. Dórea¹, Francisco de Assis R. dos Santos¹, Kelly Regina B. Leite³ & Reyjane P. Oliveira¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

²Universidade do Estado da Bahia, Campus II-Alagoinhas, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Rodovia Alagoinhas/Salvador, BR 110 – Km 03 s/n, 48040-210, Alagoinhas, Bahia, Brasil.

³Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Rua Barão de Geremoabo, 147, 40170-290, Salvador, Bahia, Brasil.

Autor para correspondência: thailavieira94@gmail.com

Resumo. Portulacaceae é uma família com ca. de 100 espécies de ervas suculentas, com distribuição em todo o mundo, tendo como centro de diversidade as Américas. O grupo apresenta taxonomia complexa, com caracteres macromorfológicos variáveis e muitas vezes de difícil interpretação. Neste trabalho foram analisados caracteres micromorfológicos das espécies que ocorrem no Brasil, como a ornamentação das sementes e morfologia polínica, em busca de melhor compreender os limites taxonômicos entre as espécies. As variações observadas envolveram a presença de poros ou colpos distribuídos em todo grão de pólen, permitindo a identificação de três tipos polínicos: pantossincolpado, com colpos organizados em pentágonos; pantossincolpado, com colpos organizados em espiral; e pantoporado, com poros isolados e organizados em poliedros. A ornamentação das sementes forneceu os caracteres taxonômicos mais importantes e permitiu a separação de todas as espécies analisadas, apoiando inclusive a recente proposição de duas novas espécies endêmicas do Brasil, relacionadas a *P. hirsutissima* e também distintas pela morfologia polínica.

Key words: *Portulaca*, Caryophyllales, taxonomia, palinologia, microcaracteres

Introdução

Portulacaceae pertence à ordem Caryophyllales e em sua atual circunscrição corresponde a uma família monogenérica, composta exclusivamente pelo gênero *Portulaca* L. (Eggl e Ford-Werntz 2010). Diferentes autores atribuem números variáveis de espécies para esse gênero, entre 40 (Geesink 1969) e 200 (Willis 1996), sendo mais recentemente aceitos 115 binômios (Eggl e Ford-Werntz 2002). Com ampla distribuição global, sua maior diversidade reside nos trópicos, principalmente das Américas e África (Ocampo 2012) e poucos dos seus representantes são referidos para Ásia, Austrália e Europa (Coelho et al. 2010).

Legrand (1962) referiu 62 espécies para as Américas, das quais 13 têm sido reconhecidas no Brasil, ocorrentes em todos os domínios fitogeográficos (Coelho e Giulietti 2010; Coelho e Zappi 2015). Quatro delas foram indicadas por esses autores como endêmicas do país: *P. frieseana* Poelln., restrita a áreas de cerrado e afloramentos rochosos dos estados de Goiás e São Paulo; *P. hatschbachii* D. Legrand, conhecida para áreas campestres nos três Estados da região Sul; *P. minensis* D. Legrand, referida para campos rupestres e carrascos de Minas Gerais e *P. werdermannii* Poelln., que ocorre em ambientes similares na Chapa Diamantina, Bahia (Coelho e Giulietti 2010, Coelho e Zappi 2015). *Portulaca hatschbachii* foi inclusive indicada na lista vermelha da flora do Brasil por Guimarães et al. (2013), como Em Perigo [B2ab (i, ii, iii)].

A taxonomia de Portulacaceae tem sido marcada por recentes redelimitações baseadas em dados moleculares e morfológicos, tanto em níveis supra quanto infrafamiliares (Hershkovitz 1993; Applequist e Wallace 2001; Nyffeler 2007; Nyffeler e Eggl 2010). Segundo Ocampo (2012), em sua circunscrição atual, inclui plantas que exibem hábito herbáceo, com ciclo de vida anual ou perene e folhas opostas até alternas, portando tricomas em suas axilas. Esses tricomas variam de abundantes a inconspícuos e às vezes são reduzidos

a escamas. As flores são solitárias ou organizadas em cimeiras, que aparecem rodeadas por folhas de distribuição verticilada no ápice do caule, e os frutos são capsulados.

Ocampo e Columbus (2012) forneceram uma grande contribuição para o conhecimento das relações de Portulacaceae através de filogenias nucleares e plastidiais, biogeografia e números cromossômicos. Dois clados fortemente sustentados e de divergência recente foram recuperados, denominados clados de Folhas Opostas (OL) e de Folhas Alternas-subopostas (AL), os quais representam também, na maioria dos casos, uma delimitação geográfica. Excetuando *Portulaca grandiflora* Hook., de distribuição pantropical, todo o restante do clado OL é composto por representantes Paleotropicals, dividido em dois clados de ocorrência restrita à África e Ásia (clado Afro-Asiático) e Austrália (clado Australiano) (Ocampo e Columbus 2012).

Em contrapartida, o clado AL, agrupamento previamente sugerido por Geesink (1969) como *Portulaca* sect. *Portulaca*, inclui espécies cosmopolitas em sua maioria e é subdividido em três clados (Ocampo e Columbus 2012). O clado cosmopolita "Oleracea" tem como grupo irmão *P. cryptopetala* Speg., espécie sul americana e única representante com fotossíntese intermediária C₃-C₄ no gênero. Os demais clados são "Umbraticola", cujas espécies ocorrem do sul dos Estados Unidos até a Argentina, e "Pilosa" com linhagens na Austrália, África e nas Américas do Norte e do Sul.

A busca por caracteres morfológicos que subsidiem decisões taxonômicas e que expliquem relacionamentos filogenéticos tem sido constante em diferentes grupos de plantas. Estudos micromorfológicos envolvendo a superfície de sementes são indicados como importantes marcadores taxonômicos não apenas em Portulacaceae (Legrand 1962; Geesink 1969; Matthews e Levins 1986; Kim 2012; Ocampo 2013, 2015), mas também em outras famílias de Caryophyllales, a exemplo de Aizoaceae (Hassan et al. 2005), Caryophyllaceae (Mahdavi et al. 2002; Yildiz 2002; Kanwal et al. 2012), Cactaceae (Arroyo-Cosulchi et al.

2006; Almeida et al. 2013), Molluginaceae (Sivarajan e Gopinathan 1985), e Talinaceae (Mendoza e Wood 2013).

Por outro lado, informações sobre a morfologia polínica são relativamente mais limitadas na família (Nyananyo 1992; 1996, Kim 2013), focadas em poucas espécies de *Portulaca* (Norman e Nowicke 1976; Carolin 1987), embora sejam mais numerosas em outras famílias da ordem, como Cactaceae (Kurtz 1963; Santos et al. 1997; Garralla et al. 2008; Gotelli et al. 2009), Caryophyllaceae (Ghazanfar 1984) e Nyctaginaceae (Nowicke e Luikart 1971).

As espécies de Portulacaceae ocorrentes no Brasil ainda são pouco representadas nos estudos filogenéticos, e do mesmo modo, ainda pouco se sabia sobre sua micromorfologia até recentemente. Vieira et al. (submetido) analisaram os microcaracteres de grãos de pólen e sementes de representantes relacionados ao complexo *Portulaca hirsutissima* Cambess., ocorrente no leste e centro-oeste do país. A variação observada nesses caracteres foi de grande utilidade taxonômica, subsidiando a proposição de duas novas espécies endêmicas do país (*P. giuliettiae* T.V.A.Santos & A.A.O.P.Coelho e *P. goiasensis* T.V.A.Santos & A.A.O.P.Coelho).

Assim, o principal objetivo deste estudo foi ampliar o conhecimento sobre a família Portulacaceae no Brasil, fornecendo dados sobre a micromorfologia de estruturas reprodutivas para as demais espécies, tendo em vista sua representatividade na flora do país e a dificuldade de delimitação em várias espécies. São levadas em consideração as variações observadas e as possíveis implicações taxonômicas desses dados, fornecendo importantes informações também para os estudos evolutivos em andamento no grupo.

Materiais e métodos

Amostragem

Indivíduos de todas as espécies de Portulacaceae ocorrentes no Brasil foram incluídos nessa análise (Fig. 1). Os mesmos foram coletados durante visitas a campo ou através de amostras depositadas em herbários (especialmente ALCB, HUEFS e RB, siglas segundo Thiers 2016). Os materiais obtidos em campo foram fixados em FAA 50% (Johansen 1940) e posteriormente armazenados em etanol 70%, com vouchers depositados no acervo do herbário HUEFS (Tab. 1).

A partir de botões florais em pré-antese foram coletadas anteras de pelo menos dois indivíduos por espécie, posteriormente submetidas ao método de acetólise (Erdtman 1952) e confeccionadas três lâminas por espécime, em gelatina glicerizada incolor. Para *Portulaca frieseana* apenas um espécime foi localizado, único indivíduo fértil, apenas em botão floral. E para *P. grandiflora* não foram encontrados frutos. Por esse motivo, a morfologia das sementes dessas duas espécies não pode ser analisada como parte do presente trabalho.

Análises micromorfológicas

A análise dos grãos de pólen em microscopia óptica envolveu 25 medidas para diâmetro (D) e dez para exina (EX), nexina (NE), sexina (SE) e elementos esculturais, em até sete dias após a preparação das lâminas (Salgado-Labouriau 1973). Para análise dessas estruturas em microscopia eletrônica de varredura (MEV), a maioria dos grãos foi submetida à acetólise (Erdtman 1952) e em seguida à série hidroalcoólica ascendente (50%, 70%, 90% e 100%), exceto os grãos de pólen dos indivíduos de *P. goiasensis*, por serem muito delicados. As amostras foram depositadas diretamente nos porta-espécimes (*stubs*), sendo posteriormente recobertas com ouro em metalizador Balzers SCD 050. As amostras com grãos de pólen frágeis à acetólise foram montadas diretamente sobre fita de carbono dupla-face nos *stubs*.

Para a análise das sementes, as amostras não tiveram pré tratamento, sendo depositadas em *stubs* recobertos por fita de carbono dupla face e posteriormente metalizadas. As amostras de pólen foram elétrôn-micrografadas em MEV JEOL JSM-6390LV da Plataforma de Microscopia Eletrônica do Centro de Pesquisas Gonçalo Muniz da Fundação Oswaldo Cruz (ME-CPqGM-FIOCRUZ). As amostras de sementes foram parcialmente analisadas no mesmo local, assim como em MEV ZEISS LEO 1430VP do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da UEFS (LABMEV/UEFS).

A caracterização micromorfológica das estruturas estudadas seguiu glossários de morfologia, incluindo Punt et al. (2007) e Hesse et al. (2009) para os grãos de pólen; e Ocampo (2013) para as sementes.

Resultados

Morfologia polínica

Os grãos de pólen analisados (Tab. 1) das espécies de *Portulaca* aqui estudadas (Fig. 1) apresentaram-se médios (*e.g.* *P. halimoides* L.) (Fig. 2B) a grandes, esféricos, apolares, porados a colpados; exina equinada (espinhos com ápices agudos), com perfurações e perfurações anuladas (Fig. 2A), nexina e sexina de iguais espessuras. De acordo com o tipo apertural identificado e com o arranjo na distribuição dessas aberturas, três tipos polínicos foram determinados (Fig. 2A-H):

- (a) tipo I: pantossincolpado, com colpos arranjados em pentágonos (clipeado) (Fig. 2C-D). Ocorre na maioria das espécies analisadas: *P. amilis* Spegazzini, *P. elatior* Mart ex Rohrb, *P. frieseana*, *P. grandiflora*, *P. giuliettiae*, *P. halimoides*, *P. minensis*, *P. mucronata* Link., *P. oleracea* L., *P. pilosa* L., *P. umbraticola* Kunth., e *P. werdermannii*.

(b) tipo II: pantossincolpado, com colpos arranjadas em espiral (Fig. 2 E-F). Ocorre em *P. hatschbachii* e *P. goiasensis*.

(c) tipo III: pantoporado, com poros isolados formando poliedros (Fig. 2 G-H), encontrado exclusivamente em *P. hirsutissima*.

Apesar de facilmente visualizadas em microscopia óptica, todas essas aberturas foram confirmadas através de MEV (Fig. 2).

Morfologia da semente

Todas as sementes analisadas de *Portulaca* (Tab. 2) apresentaram formato reniforme, com contorno celular alongado em visão lateral, próximo à zona funicular (Fig. 3A). As células apresentaram contorno (parede anticlinal) ondulado em vista lateral, podendo essa ondulação ser bifurcada, truncada ou em forma de “U” ou “T” (Fig. 3B), sendo observado pelo menos um tipo de ondulação para todas as espécies estudadas. O relevo celular (parede periclinal) apresentou-se desde plano como nas sementes de *P. mucronata* (Fig. 3C) até convexo em *P. pilosa* (Fig. 3D) ou menos conspícuo, em *P. oleracea* (Fig. 3E).

Em algumas espécies, as células das sementes apresentaram projeções, cuja forma variou de convexa em *P. goiasensis* e *P. oleracea* (Fig. 3E), cupulada em *P. werdermannii* e *P. hatschbachii* (Fig. 3F-G) a cônica em *P. umbraticola* (Fig. 3H). Apenas *P. amilis*, *P. giulietiae*, *P. halimoides*, *P. mucronata* e *P. pilosa* não apresentaram projeções de nenhum tipo (Fig. 3A, C-E e 5E).

Em vista dorsal, as células da testa são alongadas até isodiamétricas em *Portulaca oleracea* (Fig. 4A), com contorno irregular, como em *P. mucronata* (Fig. 4B) ou sinuoso em *P. pilosa* (Fig. 4C). A superfície do relevo celular foi registrada como plana em *P. mucronata* (Fig. 4B), muito convexo em *P. giulietiae* (Fig. 4D), pouco convexo em *P. amilis* (Fig. 4E);

com projeções cupuladas em *P. hatschbachii* (Fig. 4F), convexas em *P. minensis* (Fig. 4G) e cônicas em *P. umbraticola* (Fig. 4H).

As células localizadas próximas ao funículo apresentaram menor variação, sendo classificadas quanto ao contorno como irregulares, em *Portulaca hatschbachii* (Fig. 3G), lineares em *P. elatior* (Fig. 5A) ou sinuosas em *P. amilis* (Fig. 4E). A superfície dessas células nessas espécies foram, plana em *P. mucronata* (Fig. 3C), pouco convexa em *P. oleracea* (Fig. 4A) ou com projeções cupuladas, como em *P. werdermannii* (Fig. 3F).

Todas as espécies estudadas apresentaram deposição de cera acinzentada sobre as sementes. A forma como essa cera é depositada apresentou variações entre as espécies, aqui classificadas como lisa (Fig. 6A e B), em *Portulaca hisutissima* e *P. umbraticola*; granulada (Fig. 6C e D) em *P. amilis*, *P. elatior*, *P. giuliettiae*, *P. hatschbachii*, *P. oleracea*, *P. pilosa*, *P. halimoides* e *P. mucronata*; ou granulada só na base (Fig. 6E e F) em *P. goiasensis*, *P. minensis* e *P. werdermannii*.

Discussão

Caracteres macromorfológicos têm sido considerados muito variáveis em Portulacaceae, levantando discussões sobre a importância dos mesmos como diagnósticos na delimitação de espécies na família (Carolin 1987). As flores vistosas e os tricomas axilares ou hirsutos são características marcantes na família (Coelho e Giulietti 2010), entretanto são pouco informativas se analisadas isoladamente.

De modo geral, tricomas não se constituem em marcadores taxonômicos muito úteis no nível específico nesse gênero. Vieira et al. (submetido) afirmaram que os tricomas hirsutos nos órgãos vegetativos e as similaridades florais observadas em *Portulaca hirsutissima* e nas duas novas espécies segregadas desta (*P. giuliettiae* e *P. goiasensis*), não permitem a

discriminação das mesmas, o que apenas pode ser feito através de caracteres polínicos e ornamentação das sementes.

A presença de três tipos polínicos nas espécies de *Portulaca* do Brasil não era esperada até recentemente, com base nos poucos dados disponíveis, tanto para as espécies ocorrentes no país, quanto do gênero como um todo. Grãos de pólen pantossincolpados, com colpos arranjadas em pentágonos, clipeados (Tipo I), eram registrados anteriormente como o padrão básico do gênero (Carolin 1987, Nyananyo 1992, Kim 2013). Porém, também foram aqui registrados grãos de pólen pantossincolpados, com colpos arranjados em espiral (Tipo II), os quais ocorrem em *P. hatschbachii* e *P. goiasensis*, e pantoporados, com poros isolados e organizados em poliedros (Tipo III) exclusivamente em *P. hirsutissima*. Esse último padrão era até então conhecido de outras famílias de Caryophyllales, em gêneros como *Calandrinia* Kunth. e *Calypthrotheca* Gilg. (Montiaceae) e *Talinum* Adans (Talinaceae), antigos representantes de Portulacaceae (Nyananyo 1992).

Assim, com base nos achados do presente trabalho, afirma-se que a morfologia polínica de *Portulaca* era considerada uniforme e sem aplicação taxonômica (Carolin 1987, Nyananyo 1992, Kim 2013), mas a mesma varia especialmente no grupo de espécies com tricomas hirsutos, relacionadas a *P. hirsutissima* (Vieira et al. submetido).

Provavelmente, outras variações ainda desconhecidas podem ocorrer nos grãos de pólen de *Portulaca*, por isso sugere-se a ampliação da amostragem tanto para as demais espécies americanas, quanto para aquelas que ocorrem nos outros continentes. Isso poderá permitir a avaliação da utilidade taxonômica desses caracteres em outros grupos de espécies e a compreensão da evolução dos caracteres polínicos no gênero.

A micromorfologia das sementes também está sendo aqui reconhecida como bastante informativa para a taxonomia das espécies de *Portulaca* do Brasil. As descrições morfológicas das sementes observadas neste trabalho concordam com estudos anteriores, para

espécies de ampla distribuição, a exemplo de *Portulaca amilis*, *P. elatior*, *P. halimoides*, *P. oleracea*, *P. pilosa* e *P. umbraticola* (Matthews e Levins 1986, Kim 2012, Ocampo 2013). Mas a ornamentação das sementes está sendo aqui descrita pela primeira vez para espécies endêmicas do Brasil, como *P. hatschbachii*, *P. minensis* e *P. wedermannii*.

Ocampo (2015) enfatizou que apesar dos caracteres das sementes terem surgido mais de uma vez na história evolutiva do gênero, apresentam alto nível de especificidade, podendo inclusive delimitar espécies pouco variáveis, como confirmado por Vieira et al. (submetido) nos representantes de *P. hirsutissima* e das novas espécies a ela relacionadas (*P. goiasensis* e *P. giuliettiae*), todas endêmicas do Brasil e cujas sementes também foram descritas recentemente.

Variações na deposição da cera acinzentada sobre as sementes, também foi observada em todas as amostras. Esta foi indicada como importante caráter diagnóstico na delimitação de espécies crípticas de *Portulaca* brasileira, a exemplo de *P. goiasensis* e *P. giuliettiae* (Vieira et al. submetido), anteriormente agrupadas sob *P. hirsutissima*. Deste modo a observação desse caráter pode trazer informações importantes para delimitação de outras espécies com difícil delimitação no grupo, sendo necessários estudos com maior amostragem para estas espécies.

Conclusões

A partir deste trabalho foi possível observar variações morfológicas dos grãos de pólen das espécies de *Portulaca* ocorrentes no Brasil, confirmando a presença de diferentes arranjos de aberturas (tipo II e tipo III), contrariando a literatura clássica. Isso mostra que mais estudos com esse enfoque precisam ser desenvolvidos com outras espécies do gênero, para que se possa avaliar o real potencial taxonômico desses caracteres no grupo. A já esperada variação na morfologia das sementes pôde pela primeira vez caracterizar estas estruturas

micromorfológicas em espécies endêmicas do Brasil e comprovar a sua ornamentação exclusiva para cada entidade, enfatizando a importância do estudo dessas estruturas para a delimitação taxonômica no grupo.

Além da morfologia das sementes, a deposição de cera que variou de lisa a granular, foi um caráter que apresentou informação taxonômica e que deve ser mais explorado em outros trabalhos com semente, para poder ser avaliado seu real potencial como caráter de delimitação para espécies consideradas crípticas, como foi observado em *P. hirsutissima* com relação a *P. goiasensis* e *P. giuliettiae*. Deste modo pode-se concluir que tal estudo micromorfológico foi de grande importância para compreender a taxonomia complexa do grupo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Domingos Cardoso pelo material coletado em Minas Gerais e por disponibilizar fotografias das plantas no campo; ao Márcio Santos pela assistência técnica. Aos curadores dos herbários pelo acesso às coleções, em especial à Dra. Rafaela Forzza e e Dra. Silvana Helena N. Monteiro pelo empenho na obtenção de amostras no RB. À FIOCRUZ por viabilizar a utilização de MEV; CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil), pelas bolsas dadas a TASV e MCD; à FAPESB (T.O. APP 0036/2011), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil) e à rede PPBIO Semiárido pelo apoio financeiro. RPO também agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade (PQ1D).

Referências

- Almeida ASA, Paoli AAS, Souza LA, Cota-Sánchez H (2013) Seedling morphology and development in the epiphytic cactus *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. (Cactaceae: Hylocereeae). *Journal of the Torrey Botanical Society* 140:196–214. doi: <http://dx.doi.org/10.3159/TORREY-D-12-00031.1>
- Appelquist WL e Wallace RS (2001) Phylogeny of the Portulacaceous Cohort Based on *ndhF* Sequence Data. *Systematic Botany* 26: 406-419. doi: <http://dx.doi.org/10.1043/0363-6445-26.2.406>
- Arroyo-Cosultchi G, Terrazas T, Arias A, Arreola-Nava HJ (2006) The systematic significance of seed morphology in *Stenocereus* (Cactaceae). *Taxon* 55: 983-992.
- Carolin RC (1987). A review of the Family Portulacaceae. *Australian Journal of Botany* 35:383-412.
- Coelho AAOP and Giuliatti AM (2006) Flora da Bahia: Portulacaceae. *Sitientibus: Série Ciências Biológicas* 6: 182-193. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000300009>.
- Coelho AAOP and Giuliatti AM (2010) O gênero *Portulaca* L. (Portulacaceae) no Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24: 655-670. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000300009>.
- Coelho AAOP, Giuliatti AM, Harley RM and Yesilyurt JC (2010) Synonymies and typifications in *Portulaca* (Portulacaceae) of Brazil. *Kew Bulletin* 65: 37-43. doi: [10.1007/s12225-010-9187-2](http://dx.doi.org/10.1007/s12225-010-9187-2).
- Coelho AAOP and Zappi D (2015) Portulacaceae in Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB20618>>. Acesso em: 27 Dez. 2015.

- De Craene LPR (2013) Reevaluation of the perianth and androecium in Caryophyllales: implications for flower evolution. *Plant Systematics and Evolution* 299: 1599-1636. doi: 10.1007/s00606-013-0910-y.
- Eggl U and Ford-Werntz D (2002) Portulacaceae In: *Illustrated Handbook of Succulent Plants- Dicotyledons. Portulacaceae*. Pp. 370-432. New York, Ed. Springer.
- Erdtman G (1952) Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms. *Almqvist & Wiksell, Stockholm*. Pp. 541.
- Garralla S, Muruaga NB, Cuadrado G (2008) Morfología polínica de especies argentinas de *Rebutia* S. STR (Cactaceae, Cactoideae) 46(2):270-279.
- Geesink R (1969) An account of the genus *Portulaca* in Indo-australia and the Pacific (Portulacaceae). *Blumea* 17: 275-301.
- Ghazanfar SA (1984) Pollen morphology of the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae), sections *Siphonomorpha* Otth. and *Auriculatae* (Boiss.) Schischk. *New Phytologist* 98: 683-690.
- Gotelli MM, Scambato A, Galati B, and Kiesling R (2009) Pollen development and morphology in four species of *Pterocactus* (Cactaceae). *Annales Botanici Fennici* 46: 409-415.
- Guimarães EF, Santos-Filho LAF, Barros FSM, and Maurenza D (2013) Portulacaceae In *Martinellii* G, Moraes MA (Org.) *Livro Vermelho da Flora do Brasil*, 1. ed. - Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. P. 897.
- Hassan NMS, Meve U, and Liede-Schumann S (2005) Seed coat morphology of Aizoaceae-Sesuvioideae, Gisekiaceae and Mulluginaceae na its systematic significance. *Botanical Journal of the Linnean Society* 148:189-206. doi: 10.1111/j.1095-8339.2005.00407.x.
- Hershkovitz MA (1993) Revised Circumscriptions and subgeneric taxonomies of *Calandrinia* and *Montiopsis* (Portulacaceae) with notes on phylogeny of the Portulacaceous Alliance. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 333-365. doi: 10.2307/2399789.

- Hesse M, Halbritter H, Zetter R, Weber M, Buchne R, Frosch-Radivo A and Ulrich S (2009) Pollen terminology - An illustrated handbook. Springer, Wien. Pp. 266.
- Johansen DA (1940) Plant microtechnique. New York, McGraw Hill Book Co.
- Kanwal D, Abid R, Qaiser M (2012) The seed atlas of Pakistan – VI. Caryophyllaceae. Pakistan Journal of Botany 44: 407-424.
- Kim I (2012) Anatomical and morphological features of seeds in *Portulaca*. Applied Microscopy 42: 194-199. doi: <http://dx.doi.org/10.9729/AM.2012.42.4.194>.
- Kim I (2013) Morphological Features of Pollen Grains in *Portulaca*. Applied Microscopy 42: 194-199. doi: <http://dx.doi.org/10.9729/AM.2013.43.2.75>.
- Kurtz JREB (1963) Pollen morphology of the Cactaceae. Grana Palynologica 4: 367-372. doi:10.1080/00173136309429110.
- Legrand CD (1962) *Las especies americanas de Portulaca*. Anales del Museo de Historia Natural de Montevideo 7(3), P. 9-147. 1962.
- Mahdavi M, Assadi M, Fallahian F and Nejdassattari T (2012) The systematic significance of seed micro-morphology in *Stellaria* L. (Caryophyllaceae) and ITS closest relatives. The Iranian Journal of Botany 18: 302-310.
- Matthews JF and Levins PA (1986) The systematic significance of seed morphology in *Portulaca* (Portulacaceae) under scanning electron microscopy. Systematic Botany 11: 302-308. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/83.204.224.234>.
- Mendoza MF and Wood JRI (2013) Taxonomic revision of *Talinum* (Talinaceae) in Bolivia with a note on the occurrence of *Phemeranthus* (Montiaceae). Kew Bulletin 68: 233-247. doi: 10.1007/s12225-013-9454-0.
- Norman JJS and Nowicke JW (1976) Ultrastructure of pollen exina in Centrospermous Families. Plant Systematics and Evolution 126: 55-78.

- Nowicke JW and Luikart TJ (1971) Pollen morphology of the Nyctaginaceae. *Grana* 11: 145-150.
- Nowicke JW (1996) Pollen Morphology, Exine structure and the relationships of Basellaceae and Didiereaceae to Portulacaceae. *Systematic Botany* 21:187-208. doi: 10.2307/2419747.
- Nyffeler R (2007) The closest relatives of cacti: insights from phylogenetic analyses of chloroplast and mitochondrial sequences with special emphasis on relationships in the tribe Anacampseroteae. *American Journal of Botany* 94: 89–101.
- Nyffeler R. and Egli U, Ogburn, M, and Edwards E (2008) Variations on a theme: repeated evolution of succulent life form in the Portulacineae (Caryophyllales). *Haseltonia* 14:26-36. doi: <http://dx.doi.org/10.2985/1070-0048-14.1.26>.
- Nyffeler R and Egli U (2010) Disintegrating Portulacaceae: A new familial classification of the suborder Portulacineae (Charyophyllales) based on molecular and morphological data. *Taxon* 59: 227-240.
- Nyananyo BL (1992) Pollen morphology in the Portulacaceae (Centrospermae). *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 27:387-400. doi: 10.1007/BF02853372.
- Ocampo G and Columbus JT (2012) Molecular phylogenetic, historical biogeography, and chromosome number evolution of *Portulaca* (Portulacaceae). *Molecular phylogenetics and Evolution* 63: 97-112. doi: 10.1016/j.ympev.2011.12.017.
- Ocampo G (2013) Morphological characterization of seeds in Portulacaceae. *Phytotaxa* 141:1-24. doi:<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.141.1.1>.
- Ocampo G (2015) Systematic implications of seed morphological diversity in Portulacaceae (Caryophyllales). *Plant Systematics and Evolution* 301: 1215-1226. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00606-014-1146-1>.

- Punt W, Hoen PP, Blackmore S, Nilsson S, Le Thomas A (2007) Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143:1-81.
- Salgado-Labouriau, ML (1973) *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 291p.
- Santos FAR, Watanabe HM and Alves JLH (1997) Pollen morphology of some Cactaceae of North-Eastern Brazil. *Bradleya* 15: 84-97. doi: 10.1007/s11273-008-9118-2.
- Sivarajan VV and Gopinathan MC (1985) Seed coat micromorphology of Caryophyllales: Observations on some Molluginaceae. *Indian Academy of Science* 94: 51-57. doi: 10.1007/BF03053106.
- Willis JC (1966) *A dictionary of flowering plants and ferns*. 7^a ed. Cambridge, University Press.
- Yildiz K (2002) Seed morphology of Caryophyllaceae species from Turkey (North Anatolis). *Pakistan Journal of Botany* 34: 161- 171.

Tabela 1. Caracteres morfológicos dos grãos de pólen das espécies de Portulacaceae do Brasil. D = diâmetro, SE=sexina, NE=nexina, EX=exina, ES=espinhos, G= grande; M= médio; *faixa de variação (média \pm desvio padrão da média)

Espécime	Localidade	Abertura	Tamanho	*Diâmetro (μm)	SE	NE	EX	ES
<i>Portulaca amilis</i> Speg.								
<i>Brande, A. C. et al. 20568</i> (RB)	Rio de Janeiro – RJ	Colpado	G	62,5 (73,10 \pm 1,33) 87,5	3	1	4	4,3
<i>Sucre, D. et al. 1323</i> (RB)	Praia Grande – RJ	Colpado	G	45(56,5 \pm 1,36)75	2,4	1	3,4	2,7
<i>Ferreira, E. et al. 179</i> (RB)	Picada da Mata Grande – MT	Colpado	G	55(67,3 \pm 1,49)85	1,7	1	3,4	2,7
<i>P. elatior</i> Mart.								
<i>Vieira, T. et al. 145</i> (HUEFS)	Santa Luz – BA	Colpado	G	57,7(70,3 \pm 1,27)80	2,1	1,1	3,2	3,3
<i>Vieira, 28</i> (HUEFS)	Conceição do Coité – BA	Colpado	G	57,5(65,1 \pm 0,82)75	2,1	1	3,2	2,9
<i>P. frieseana</i> Poelln								
<i>Irwin, H.S.</i> (RB 144824)	Serra do Cipó – GO	Colpado	G	75(82,18 \pm 0,97)90	3,1	1	3,6	3,1
<i>P. grandiflora</i> Hook.								
<i>Pastore, J.F.B. et al. 2358</i> (HUEFS)	Serranópolis – GO	Colpado	G	52,5(61 \pm 1,14)70	2,2	1	3,2	2,9
<i>Fernandes, A. et al. 26104</i> (HUEFS)	Caucuia – CE	Colpado	G	55(65,6 \pm 0,99)75	2,3	1,1	3,4	3,5
<i>P. giuliettiae</i> T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho								
<i>Carneiro-Torres 123</i> (HUEFS)	Mulungu do Morro – BA	Colpado	G	62,5(77,5 \pm 1,31)90	3,2	1	4,2	2,7
<i>Vieira, T. 150</i> (HUEFS)	Palmeiras – BA	Colpado	G	62,5(77,5 \pm 1,31)90	2,3	1	3,3	2,4
<i>Vieira, T. 9</i> (HUEFS)	Morro do Chapéu – BA	Colpado	G	57,5(66,4 \pm 0,93)75	3	1	4,3	3,2
<i>P. goiasensis</i> T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho								
<i>Irwin, H. S. et al.</i> (RB 13362)	Serra dos cristais – GO	Colpado	G	75(85,6 \pm 1,82)107,5	2,7	1	3,7	3,4
<i>P. halimoides</i> L.								
<i>Vieira, T. 10</i> (HUEFS)	Morro do Chapéu – BA	Colpado	M	52,5(47,1 \pm 0,73)40	1,8	1	2,7	2,3

<i>Vieira, T. 24</i> (HUEFS)	Conceição do Coité – BA	Colpado	M	42,5(48,4±0,73)55	2,2	1	3,2	2
<i>P. hatschbachii</i> Legr.								
<i>Hatschbach, G. et al. 52545</i> (RB)	Guarapuava S. Judas Tadeu – PN	Colpado	G	65(74,7±1,20)87,5	2,4	1	3,3	2,3
<i>Falcão, J. I. A. et al. 1130</i> (RB)	Mata Redonda – PB	Colpado	G	62,5(69±1,15)80	2,6	1	3,6	2,5
<i>P. hirsutissima</i> Camb.								
<i>Cardoso, D. et al. 3784</i> (HUEFS)	Diamantina – MG	Porado	G	72,5(81,9±1,01)90	3,3	1	4	2,7
<i>Oliveira, J. A. et al. 350</i> (RB)	Serra do Cipó – MG	Porado	G	65(75,5±1,09)87,5	2,3	1,1	3,4	3,2
<i>P. minensis</i> Legr.								
<i>Santos, A. K. A. et al. 616</i> (HUEFS)	Monte azul – MG	Colpado	G	65(72,9±0,62)77,5	2,5	1	3,4	2,1
<i>Araújo, A. O. et al. 54</i> (HUEFS)	Monte azul – MG	Colpado	G	62,5(73,5±1,37)95	2,6	1	3,6	3
<i>P. mucronata</i> Link								
<i>Vieira, T. 149</i> (HUEFS)	Palmeiras – BA	Colpado	G	65(75±1,04)87,5	2,7	1,1	3,2	3,8
<i>Vieira, T. 142</i> (HUEFS)	Santa Luz – BA	Colpado	G	57,5(69,1±1,19)85	2,3	1,6	3,3	2,9
<i>Vieira, T. 11</i> (HUEFS)	Morro do Chapéu – BA	Colpado	G	75(62,9±1,58)50	2,1	1	3,7	2,5
<i>P. oleracea</i> L.								
<i>Vieira, T. 154</i> (HUEFS)	Palmeiras – BA	Colpado	G	57,5(69,6±1,20)80	1,5	1	2,5	1,4
<i>Vieira, T. 144</i> (HUEFS)	Santa luz – BA	Colpado	G	57,2(69,6±1,21)80	1,8	1	2,6	2,3
<i>Vieira, T. 13</i> (HUEFS)	Ipirá – BA	Colpado	G	60(69,2±1,01)75	1,7	1	2,7	1,7
<i>P. pilosa</i> L.								
<i>Liane, D. et al. 3849</i> (RB)	Rio de Janeiro – RJ	Colpado	G	60(67,2±0,88)75	2,5	1	3,5	2,5
<i>Sucre, D. et al. 4599</i> (RB)	Vila Velha – ES	Colpado	G	62,5(69,9±0,82)77,5	2,9	1	3,9	2,8
<i>P. umbraticola</i> Kunth								
<i>Vieira, T. 25</i> (HUEFS)	Conceição do Coité – BA	Colpado	G	50(64,1±1,18)75	2,4	1	3,3	4,1
<i>Vieira, T. 14</i> (HUEFS)	Ipirá – BA	Colpado	G	57,5(66,2±0,84)75	2,3	1	3,4	4,6
<i>P. werdermannii</i> Poelln								
<i>Vieira, T. 16</i> (HUEFS)	Mucugê – BA	Colpado	G	72,5(83,9±1,0)95	2,9	1	3,9	3,9
<i>Vieira, T. 7</i> (HUEFS)	Morro do Chapéu – BA	Colpado	G	87,5(74,9±1,30)62,5	2,4	1	3,3	2,9
<i>Vieira, T. 151</i> (HUEFS)	Palmeiras – BA	Colpado	G	75(86,6±1,04)92,5	2,8	1	3,9	3,8

Tabela 2. Caracteres morfológicos das sementes em espécies de Portulacaceae do Brasil. Abreviações: ISO=isodiamétrico; AL=alongado; LI=linear; IR=irregular; BI=ondulado bifurcado; T=ondulada em formato de T; U=ondulada em formato de U; V=ondulada em forma de V; PL=plana; CV=convexa; PCV=projeção convexa; PCU=projeção cupulado; PCO=projeção cônica; GR= indumento o granulado; GB=indumento granulado exclusivamente na base; L=indumento liso; +=muito; -=pouco.

Espécie	Face lateral		Face dorsal		Zona de constrição		Projeção acessória	Deposição indumento
	Contorno celular	Relevo celular	Contorno celular	Relevo celular	Contorno celular	Relevo celular		
<i>Portulaca amilis</i>	T/U/V	-CV	T/U/V	-CV	T/U/V	-CV	----	GR
<i>P. elatior</i>	IR/U/V/T	+CV	IR/U	PCV	LI	-CV	CV	GR
<i>P. giuliettiae</i>	IR/T/U	+CV	IR	+CV	IR	-CV	-----	GR
<i>P. goiasensis</i>	IRU/BI	+CV	IR	PCV	IR	+CV	CV	GB
<i>P. halimoides</i>	T/U/V/BI	-CV	IR/LI	PCV	IR	-CV	-----	GR
<i>P. hatschbachii</i>	IR/U/V	CV/PCU	U/BI	-CV/+PCU	IR/LI	PL	PCU	GR
<i>P. hirsutissima</i>	IR/U	+CV	IR/U	PCV	U/T	-CV	CV	L
<i>P. minensis</i>	U/T	PCU	U/V	PCV	U/T	PCU	PCU	GB
<i>P. mucronata</i>	U/IR	PL	U/IR	PL	IR/LI	PL	-----	GR
<i>P. oleracea</i>	T/U/V	-CV	IR	PCU	IR	-CV	PCV	GR
<i>P. pilosa</i>	BI/U/V	+CV	IR/U	PCV	IR/U/V	-CV	-----	GR
<i>P. umbraticola</i>	T/U/V/BI	PCV	U/V/IR	PCO	IR	-CV	PCO/PCU	L
<i>P. werdermannii</i>	T/U/V/BI	PCU	U/T/V	PCU	U/V	PCU	PCU	GB



Figura 1. Representantes de Portulacaceae do Brasil analisados no presente trabalho. A-B. *Portulaca elatior*. C-D. *P. grandiflora*. E-F. *P. halimoides*. G-H. *P. giuliettiae*. I. *P. minensis*. J.-K. *P. mucronata*. L-M. *P. oleracea*. N-O. *P. umbraticola*. P. *P. werdermannii*.

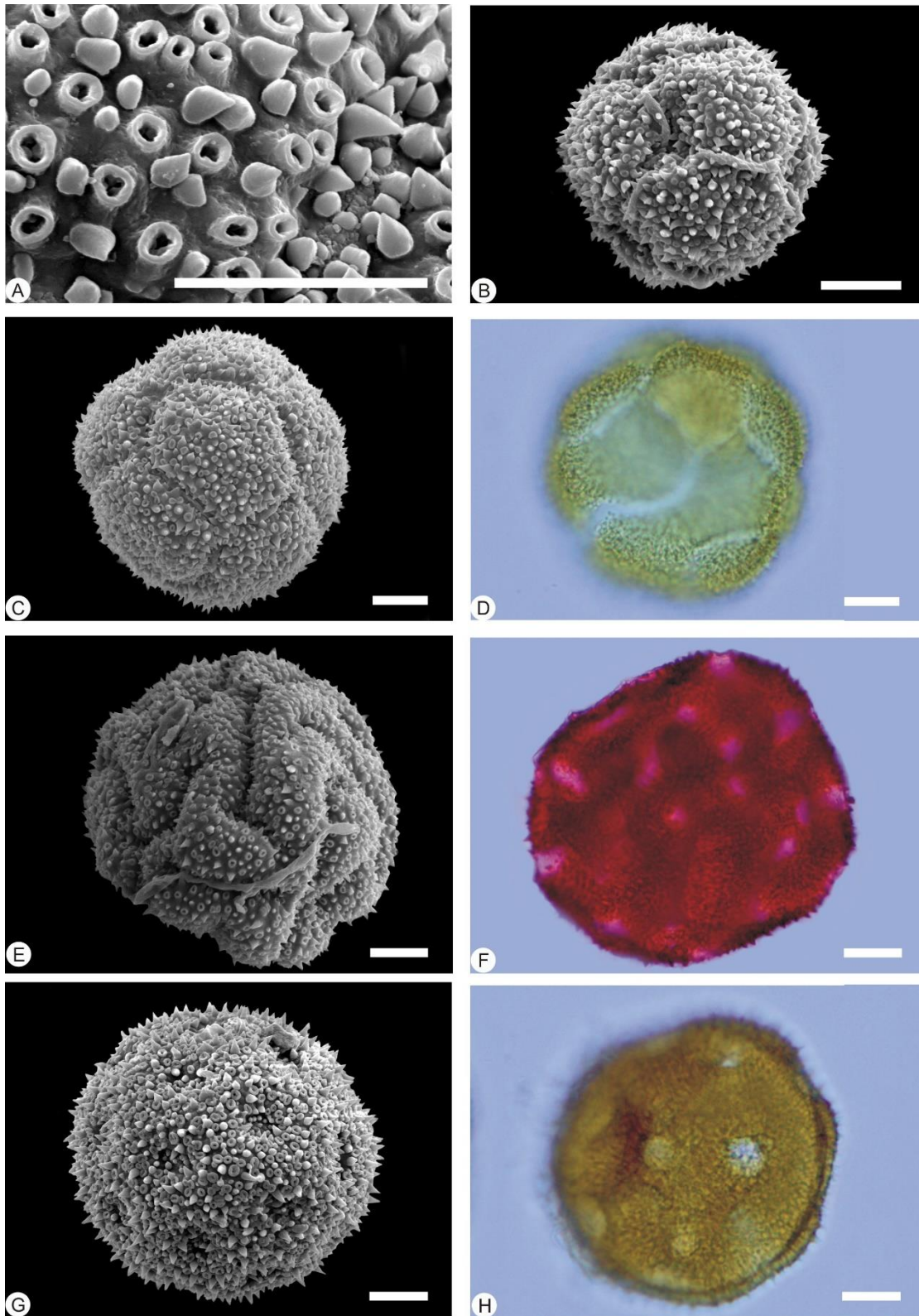


Figura 2. Caracteres polínicos de Portulacaceae do Brasil. A. Ornamentação da exina em *P. hatschbachii*. B. *P. halimoides*. (C - D) Tipo I, *P. minensis*. C. Microscopia de varredura. D. Microscopia óptica. (E-F) Tipo II, *P. hatschbachii*. E. Microscopia de varredura. F. Microscopia óptica. (G-H) Tipo III, *P. hirsutissima*. G. Microscopia de varredura. H. Microscopia óptica. Barra de escala: 100µm.

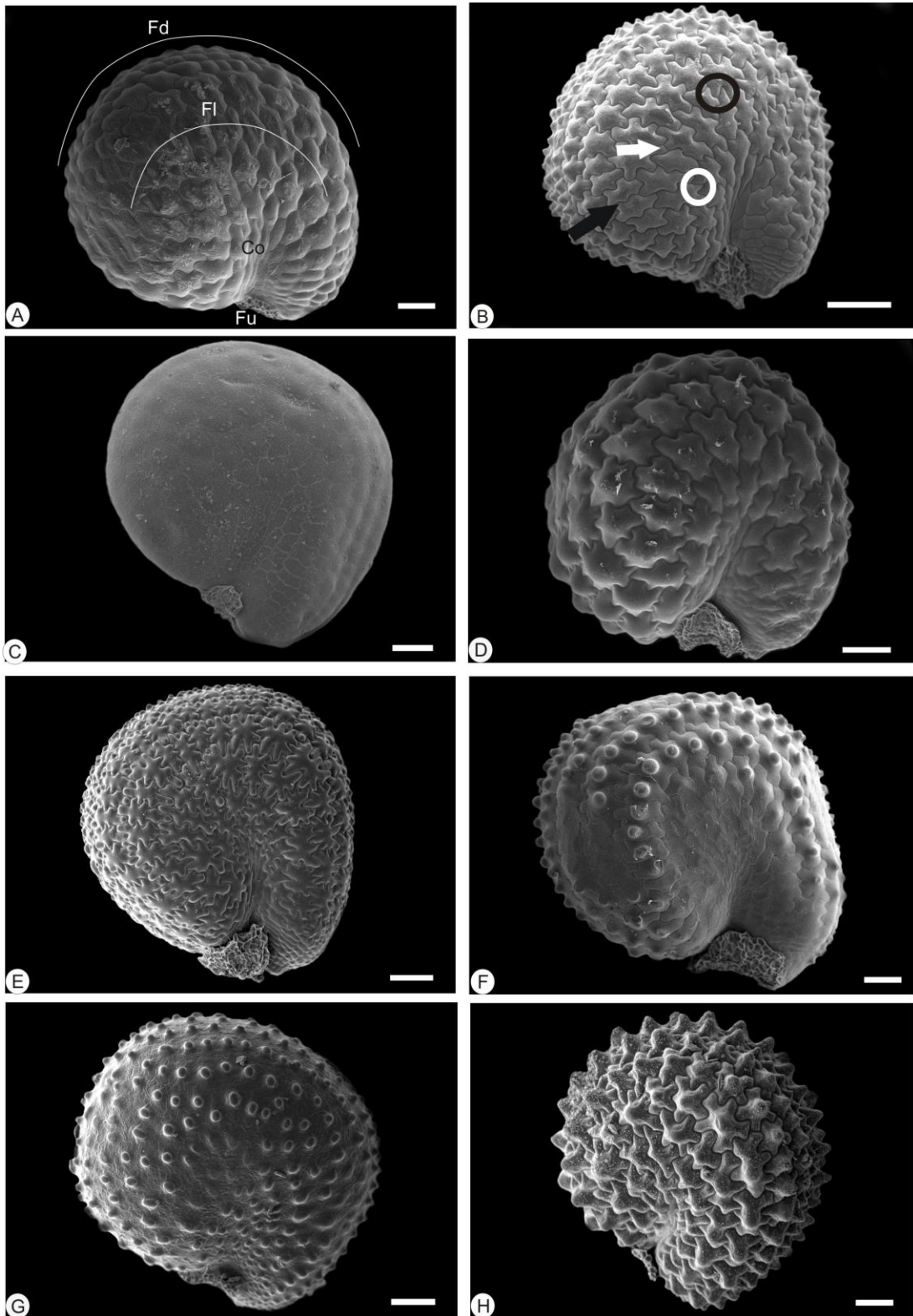


Figura 3. Visão lateral em sementes de Portulacaceae do Brasil em MEV. A. *P. amilis*. B. *P. hatschbachii*. C. *P. halimoides*. D. *P. mucronata*. E. *P. pilosa*. F. *P. oleracea*. G. *P. werdermannii* H. *P. umbraticola*. Abreviações: Co. zona de constricção. Fd. face dorsal. Fl. face lateral. Fu. funículo. Símbolos: Seta branca, ondulação truncada. Seta preta, ondulação em “U”. Círculo branco, ondulação bifurcada. Círculo preto, ondulação em “V”. Barra de escala: 10µm.

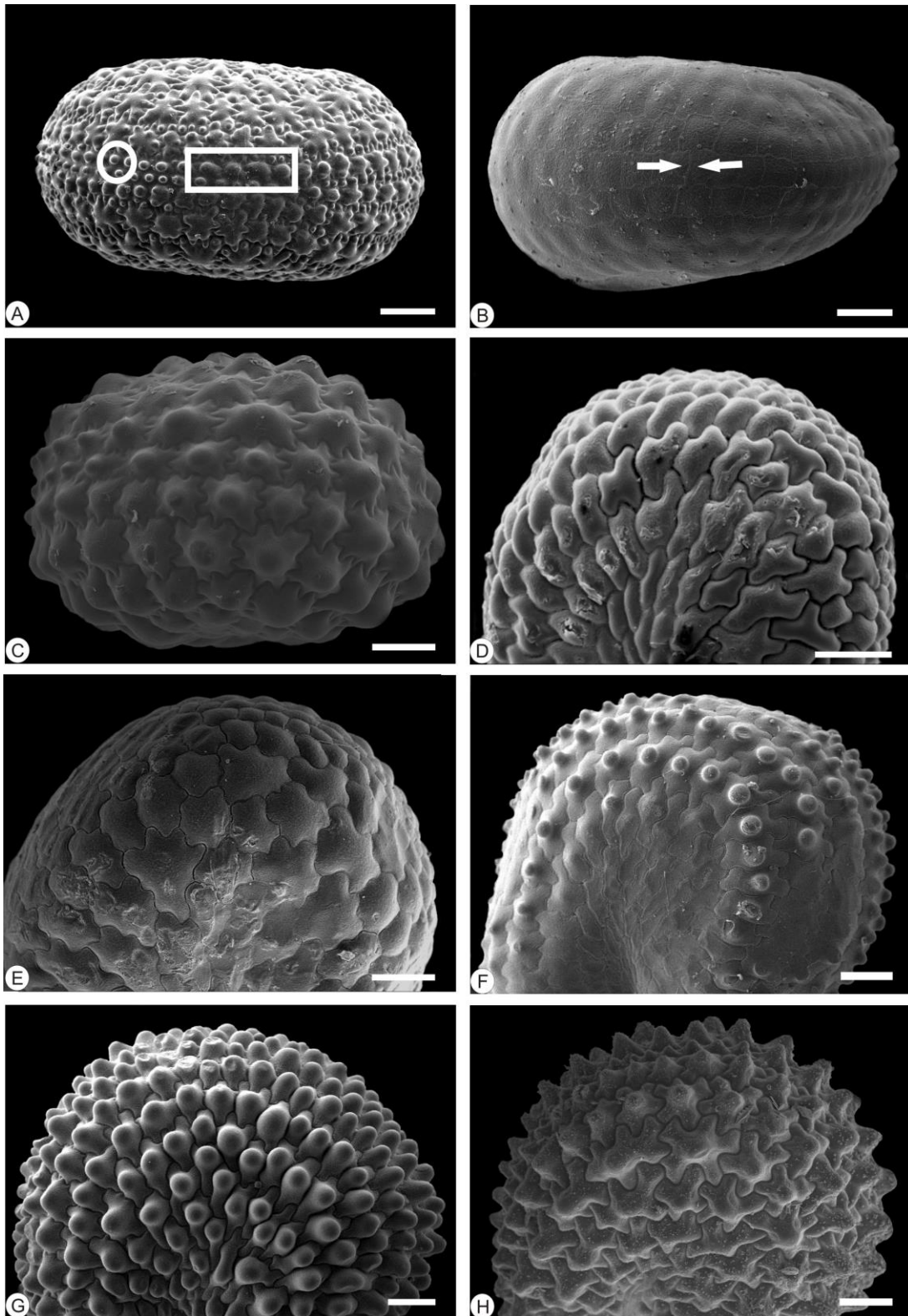


Figura 4. Visão dorsal de sementes de Portulacaceae do Brasil em MEV. A. *P.oleracea*. B. *P. mucronata* C. *P. pilosa*. D. *P. giuliettiae*. E. *P. amilis*. F. *P. hatschbachii*. G. *P. minensis*. H. *P. umbraticola*. Símbolos: Círculo branco, célula isodiamétrica. Retângulo branco, células alongadas. Setas brancas, parede irregular. Barra de escala: 10 μ m.

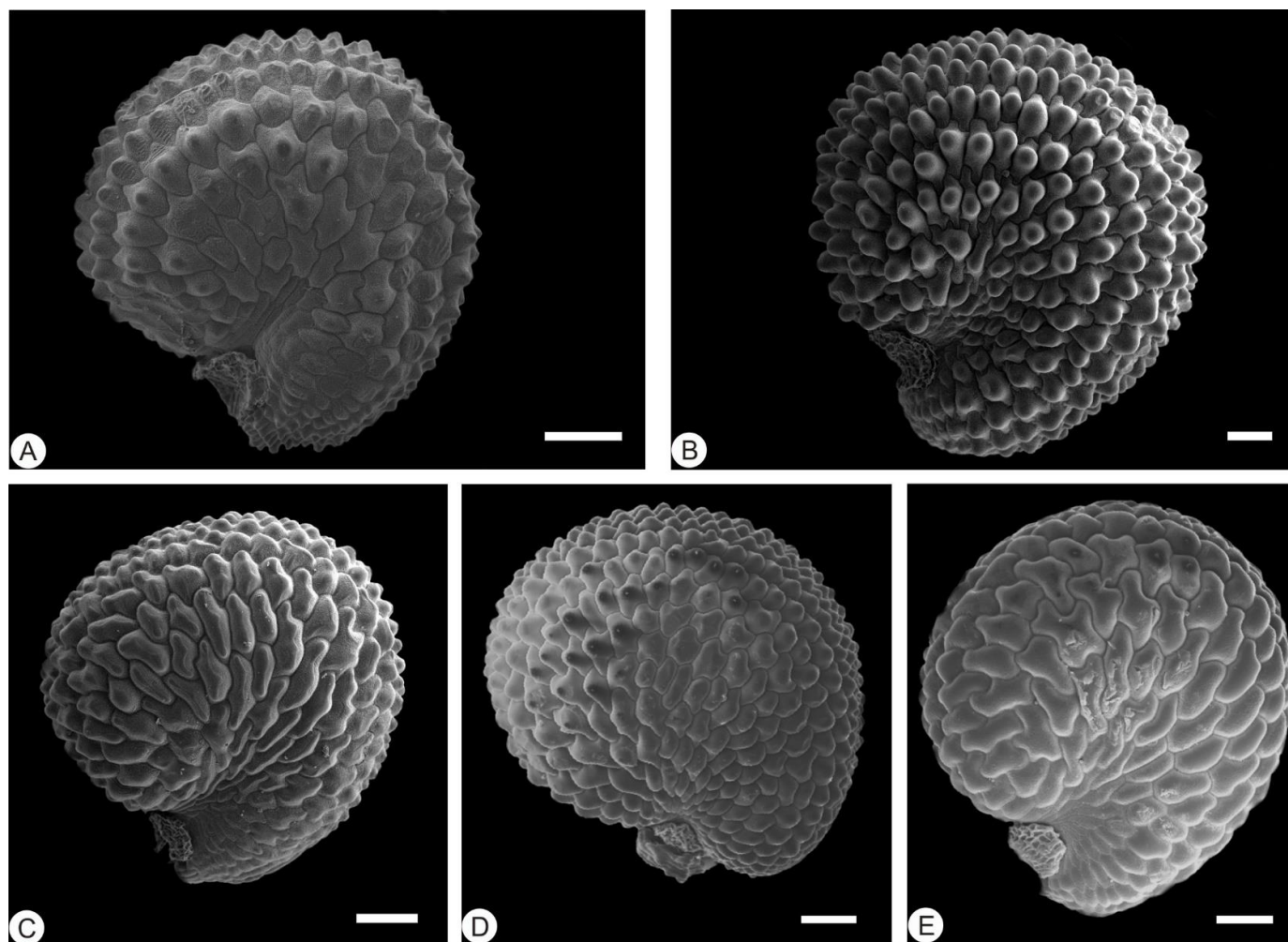


Figura 5. Visão lateral de sementes de Portulacaceae do Brasil em MEV. A. *P. elatior*. B. *P. minensis*. C. *P. goiasensis*. D. *P. hirsutissima*. E. *P. giuliettiae*. Barra de escala: 10 μ m.

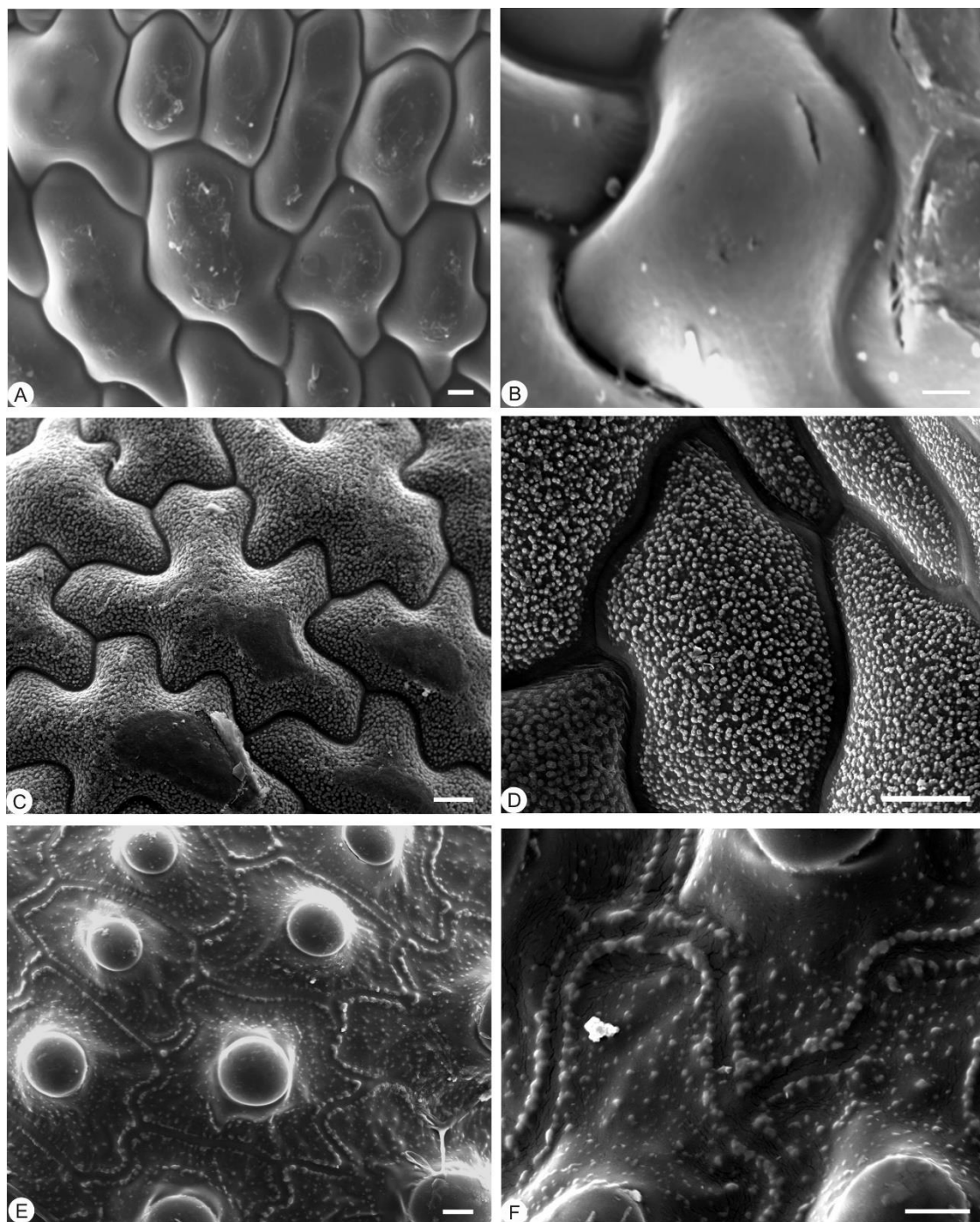


Figura 6. Detalhe da deposição de cera nas sementes de Portulacaceae do Brasil. A-B. Indumento liso, *P. hirsutissima*. C-D. Indumento granulado, *P. halimoides*. E-F. Indumento granulado exclusivamente na base, *P. werdermannii*. Barra de escala: 10 μ m.

CAPÍTULO III

**Morfoanatomia e histoquímica de folhas e caules de
espécies de *Portulaca* ocorrentes no Semiárido,
Brasil: implicações ecológicas**

**Morfoanatomia e histoquímica de folhas e caules de espécies de *Portulaca*
ocorrentes no Semiárido, Brasil: implicações ecológicas**

Thaíla Alves S. Vieira^a, Kelly Regina B. Leite^b & Reyjane P. Oliveira^a

^aUniversidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brazil.

^bUniversidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Laboratório de Anatomia Vegetal e Identificação de Madeiras (LAVIM), Rua Barão de Geremoabo, 147, 40170-290, Salvador, Bahia, Brazil.

Autor para correspondência: thailavieira94@gmail.com

Abstract. Portulacaceae é uma família bem adaptada às adversidades ambientais. Seus indivíduos são comuns em diferentes ambientes ao longo do Semiárido, que no Brasil engloba a região Nordeste, além do norte de Minas Gerais. Neste trabalho foram analisados caracteres morfoanatômicos das espécies de Portulacaceae com ocorrência no Semiárido em busca de inferências ecológicas, avaliando a morfologia das lâminas foliares e a anatomia de caules e folhas. As variações morfoanatômicas observadas concordam com as delimitações das espécies e fornecem subsídios para os clados recuperados pelas filogenias. Idioblastos foram observados nas folhas e caules de todas as espécies, com variações relacionadas aos ambientes de ocorrência das mesmas, sendo muito comuns estruturas de reserva de mucilagem, cristais e amiloplastos. A partir dos dados obtidos foi possível inferir que as estratégias anatômicas parecem ser muito mais relevantes para a sobrevivência das espécies estudadas em ambiente com escassez hídrica, em relação aos caracteres macromorfológicos.

Key words: Bioma Caatinga, Caryophyllales, adaptações morfoanatômicas.

.

INTRODUÇÃO

O Semiárido do Brasil ocupa 982.563,3 km², dos quais 844.453 km² pertencem à região Nordeste e juntamente com o norte do estado de Minas Gerais corresponde basicamente à delimitação do Bioma Caatinga, totalizando 11% do território Brasileiro (IBGE, 2004). A região semiárida é caracterizada pela baixa pluviosidade (abaixo de 800 mm/ano), índice de aridez de até 0,5 e risco de seca acima de 60% (Giulietti et al., 2004, 2005). Sob a denominação de "caatinga" estão reunidos diferentes tipos de vegetação, sendo mais comumente observadas formações com presença de árvores baixas, espinhos, folhas reduzidas e suculência (RADAMBRASIL, 1983; Nimer, 1977).

Além da vegetação típica de caatinga nas áreas mais baixas, também ocorrem outras fitofisionomias em áreas mais altas do Semiárido, como os campos rupestres e afloramentos rochosos, normalmente compostos por ervas e arbustos de pequeno porte crescendo sobre solo arenoso (Conceição e Pirani, 2005). Florestas estacionais e corpos d'água temporários também ocorrem na região, estes últimos caracterizados por serem secos em períodos de estiagem e alagados em períodos de chuva (Maltchik et al., 2006, Leite et al., 2009), com vegetação formada por ervas e subarbustos, muito bem adaptada a diferentes condições de solo, variando entre úmido, encharcado ou alagado (Maltchik et al., 2006).

Essa diversidade de tipos vegetacionais normalmente está associada a diferenças geomorfológicas e na composição florística de cada área, assim como a uma série de adaptações morfoanatômicas nos componentes da flora. Dentre os caracteres morfológicos relacionados a áreas com stress hídrico estão principalmente a redução foliar, presença de estrutura subterrânea de reserva aquífera, suculência ou esclerificação, além de diversos níveis e cutinização das folhas (Cutler et al., 2011, Dickson, 2000). No caso das adaptações estruturais, mesmo estas não sendo evidentes, podem estar associadas a uma diferenciação na morfologia externa que podem estar relacionadas ao formato, presença ou ausência de

estruturas celulares (Dickson, 2000). Estruturas morfológicas que favorecem a adaptação a ambientes com escassez hídrica, muitas vezes citados como "caracteres morfoanatômicos xerofíticos", estão relacionadas à perda demasiada de água e/ou acúmulo desta (Arens, 1958), além de vias metabólicas CAM (Cushman, 2001).

A suculência é uma das modificações estruturais mais investigadas dentre aquelas que facilitam a sobrevivência de plantas em ambientes com restrição hídrica, podendo ser encontrada em pelo menos 30 linhagens (Arakaki et al., 2011). Podem ser citados vários representantes de Caryophyllales, especialmente os membros do clado ACPT (Cuénoud et al. 2002, Nyffeler 2007, Nyffeler e Egli 2010), que inclui as famílias Anacamptoseaceae, Cactaceae, Portulacaceae e Talinaceae, muito bem adaptadas a esse tipo de ambiente (Cuénoud et al., 2002, Nyffeler, 2007, Nyffeler e Egli, 2010). Além de compartilhar a suculência, esse clado apresenta como possível sinapormofia morfológica a presença de tricomas axilares (Nyffeler et al., 2008).

No Brasil são encontradas 15 espécies de Portulacaceae (Coelho e Giulietti, 2010), das quais nove foram citadas por Coelho e Giulietti (2010) para os limites do semiárido: *Portulaca elatior* Mart., *P. halimoides* L., *P. hirsutissima* Camb., *P. mucronata* Link., *P. oleracea* L., *P. pilosa* Legr., *P. umbraticola* Kunth, e *P. werdermannii* Poelln., além de *P. giuliettiae* T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho, recentemente descrita (Vieira et al. submetido). Os membros da família apresentam hábito herbáceo, tricomas abundantes ou conspícuos nas axilas foliares, e além disso, o grupo possui grande capacidade de se adaptar a ambientes áridos (Ocampo e Columbus, 2012).

Uma das principais estratégias dessas plantas para a sobrevivência nessas condições adversas é a grande capacidade de estocar água nos tecidos, evitando a transpiração e em muitos casos apresentando vias metabólicas que auxiliam na manutenção da baixa taxa de transpiração, como é o caso de indivíduos com fotossíntese CAM (Ogburn e Edwards, 2010).

Todas essas alterações de cunho ecofisiológico, normalmente acarretam em alterações físicas nos indivíduos, as quais muitas vezes são de difícil caracterização e representam um entrave aos estudos de cunho taxonômico e/ou evolutivo.

A presença de substâncias ergásticas normalmente está associada a estruturas de reserva, como idioblastos (Cutler et al., 2011). A observação destas substâncias pode auxiliar em inferências taxonômicas, ecológicas e evolutivas. Em representantes de Caryophyllales a presença de mucilagem está atrelada à evolução do grupo e muitos trabalhos tem abordado a relação dessa substância com a diversificação e adaptação do grupo a ambientes com pouca água (Ladrum, 2002, Ogburn e Edwards, 2010, Akira et al., 2011).

Estudos filogenéticos relativamente recentes envolvendo a família Portulacaceae e baseados em dados moleculares tem recuperado seu monofiletismo com alto suporte (Ocampo e Columbus, 2012, Ocampo et al., 2013). Esses estudos também têm auxiliado na compreensão dos limites e relações entre certos grupos de espécies, inclusive confirmando premissas antigas de que caracteres macromorfológicos podem não ser muito consistentes do ponto de vista taxonômico (Carlin, 1987). E ainda, confirmando que amplas variações fenotípicas em indivíduos de uma mesma espécie é muitas vezes atribuída a fatores ambientais (Coelho et al., 2010).

Porém, pouco ainda se sabe sobre o assunto em Portulacaceae, inclusive se as variações macromorfológicas são acompanhadas ou não por mudanças na micromorfologia e/ou na expressão de determinados compostos essenciais para a sobrevivência em condições adversas. Assim, o presente trabalho tem como principal objetivo estudar a morfoanatomia e os perfis histoquímicos em folhas e caules de espécies de *Portulaca* ocorrentes no Semiárido, a fim de discutir suas relações ecológicas e inferir o papel de tais caracteres na adaptação dessas espécies aos diferentes ambientes encontrados na caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

Como parte desse trabalho foram selecionadas sete espécies de *Portulaca*, dentre as nove ocorrentes no Semiárido: *P. elatior*, *P. halimoides*, *P. giuliettiae*, *P. mucronata*, *P. oleracea*, *P. umbraticola* e *P. werdermannii* (Fig. 1). *P. pilosa* e *P. grandiflora* também citadas para essa região não foram incluídas nesse trabalho devido ao fato de não terem sido localizadas em campo. No caso de *P. grandiflora*, os poucos indivíduos encontrados estavam em ambiente de cultivo.

Para cada espécie foram amostrados pelo menos dois indivíduos (Tab. 1), sendo os *vouchers* depositados no herbário HUEFS (Universidade Estadual da Feira de Santana, Brasil). Caules e folhas perfeitamente desenvolvidas a partir do terceiro nó foram separadas no momento da herborização, fixados em FAA 50% e posteriormente conservados em álcool etílico 70% (Johansen, 1940) para análise anatômica. Alguns ramos foram selecionados para testes histoquímicos, sendo fixados em FNT (Kraus e Arduin, 1997) ou fresco, quando possível.

Análise morfológica

As espécies selecionadas para o presente trabalho foram observadas e fotografadas em seu ambiente natural (Fig. 1). A identificação das mesmas foi feita especialmente com base no estudo do gênero *Portulaca* no Brasil (Coelho e Giulietti, 2010).

Foi observada em campo a morfologia foliar, presença de tricomas nas folhas e caules, além de sulcos nas folhas em indivíduos expostos a restrição hídrica. Essas mesmas características foram posteriormente registradas em laboratório com auxílio de estereomicroscópio com câmera de captura acoplada. Para a descrição morfológica das folhas foi adotada a terminologia utilizada por (Coelho e Giulietti, 2010).

Para aquisição das imagens sob iluminação óptica e em visão superficial, foi utilizado o estereomicroscópio Olympus SZ61 acoplado à câmera QIMAGING GO-3.

Análise anatômica

Seccionamento em micrótomo rotativo e à mão livre

Foram selecionados caules jovens e folhas a partir do terceiro nó de cada espécime, os quais foram incluídos em resina histológica seguindo as instruções do fabricante (Historesin, Leica Ltda.), com as seguintes alterações: a submissão das amostras por cinco minutos de vácuo durante a série etílica (50%, 70%, 80%, 90%, 95% e 100%) e adição de quatro etapas graduais crescentes de etanol absoluto em resina (3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3). Os blocos de resina foram seccionados em micrótomo de rotação em plano transversal e longitudinal, por fim as lâminas foram coradas com azul de toluidina a 0,05% (O'Brien et al., 1964) e montadas lâminas permanentes em resina sintética Entellan. Para análises histoquímicas foram feitos cortes à mão livre. Todo processo de infiltração, emblocamento, seccionamento, coloração e montagem de lâminas histológicas foram desenvolvidos no Laboratório de Micromorfologia Vegetal da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Análise e obtenção das imagens

Os registros das imagens das seções histológicas, obtidas tanto à mão livre como aquelas realizadas através de micrótomo rotativo, foram feitos em fotomicroscópio AxioScopeA1, marca Carl Zeiss, acoplado à câmera Canon EOS 1000D, com imagens obtidas pelo programa EOS Utility v.1.4.0.1 e escalas feitas pelo programa AxioVision 40 v.4.8.2.0 no Laboratório de Anatomia Vegetal e Identificação de Madeiras (LAVIM) da Universidade Federal da Bahia, e em microscópio Olympus BX51 equipado com câmera digital Olympus E330 no Laboratório de Micologia (LAMIC) da Universidade Estadual de

Feira de Santana. A terminologia adotada para a descrição anatômica seguiu a terminologia proposta por autores como Metcalfe e Chalk (1957), Ocampo et al. (2013).

Testes histoquímicos

Os representantes de *Portulaca* estudados tiveram suas folhas e caules seccionados à mão livre e levados à água destilada com intuito de comprovar a composição das substâncias ergásticas presentes nas células dos órgãos vegetativos. Foram utilizados para as análises os corantes Azul de toluidina (O'Brien et al., 1964) e Azul de Alcian para detecção de mucilagem (Johansen, 1940), Lugol para detecção de amido (Jensen, 1962), Floroglucinol para detecção de compostos fenólicos (Johansen, 1940) e Sudan III e IV para lipídios (Pearse, 1980). Todo processo de preparação histoquímico foi desenvolvido no Laboratório de Micromorfologia Vegetal da Universidade Estadual de Feira de Santana.

RESULTADOS

Nas espécies de *Portulaca* analisadas foram observados, ainda em campo (Fig. 1), dois tipos básicos de lâminas foliares, as planas como em *Portulaca giuliettiae*, *P. hirsutissima*, *P. mucronata*, *P. oleracea* e *P. umbraticola*, e as aciculares em *P. elatior*, *P. halimoides* e *P. werdermannii* (Fig. 2). De hábito prostrado a ereto (Fig. 1C, E-F) e caule circular a amorfo (Fig. 5A-H).

Nas espécies com folhas aciculares, os feixes vasculares se localizam em posição adjacente à epiderme ao longo de toda extensão foliar (Fig. 3A, C, G-H). Nas demais espécies, com folhas planas, os feixes foram organizados em forma linear no mesofilo (Fig. 3B, D, E-F). As únicas espécies estudadas que não registraram morfologia Kranz foram *Portulaca mucronata*, (Fig. 3B), *P. hirsutissima* e *P. giuliettiae*. Não foi identificada nenhuma variação anatômica consistente nos feixes vasculares dos caules entre as espécies.

Foi observada uma epiderme aquífera com lúmen avantajado nas espécies com folhas aciculares (*Portulaca elatior*, *P. halimoides* e *P. werdermannii*) e com menor incidência nas demais, de folhas planas (Fig. 3C-D; F). Além da epiderme, hipoderme aquífera (Fig. 3D-F), foi observada exclusivamente na face adaxial de *P. oleracea* e *P. umbraticola*. Parênquima aquífero foi observado nas folhas de todos os indivíduos analisados, ocupando grande volume no mesófilo de representantes de *P. elatior*, *P. halimoides* e *P. werdermannii* (Fig. 3A, C, G, H) e presente apenas na face abaxial de *P. mucronata*, *P. hirsutissima* e *P. giuliettiae* (Fig. 3B), *P. oleracea* (Fig. 3C-D) e *P. umbraticola* (Fig. 3F).

Variações no parênquima foliar de indivíduos de uma mesma espécie, mas coletados em diferentes ambientes foram observadas em *Portulaca halimoides* e *P. elatior*. Em *P. halimoides* as células de parênquima aquífero se apresentaram mais robustas em espécimes coletados em lagoas temporárias (Fig. 3G), em relação aos indivíduos coletados em áreas de campo rupestre. Nestes últimos foram observados também lâmina foliar mais estreita e plana (Fig. 3H).

Em *Portulaca elatior*, variações na morfologia foliar foram observadas em indivíduos encontrados em ambientes que apresentaram sinais de seca (Fig. 3C) com folhas inicialmente aciculares, passando a apresentar sulcos que se assemelhavam a nervura central na face adaxial ou às vezes em ambas as faces (Fig. 3C), comumente antecedido de colapso do parênquima aquífero nas proximidades do feixe vascular central.

Outras estruturas de reserva reconhecidas foram os idioblastos, contendo mucilagem, cristais e amido, observados nas folhas (Fig. 3-4) e no caule (Fig. 5-6) de todos indivíduos analisados. Nas folhas de todas as espécies, idioblastos mucilaginosos foram observados próximos aos feixes vasculares (Fig. 4A-B). No caso de *Portulaca elatior*, indivíduos coletados em áreas de caatinga (Fig. 4C) apresentaram menor quantidade de idioblastos

quando comparados aos espécimes que foram coletadas em áreas temporariamente alagadas (Fig. 4D).

No caule, os idioblastos de mucilagem formavam canais (Fig. 6A). Não foram observadas variações entre indivíduos de uma mesma espécie, mas a maior ocorrência desta substância foi observada em *Portulaca elatior*, coletada em áreas de caatinga (Fig. 5D, G), com menor quantidade em indivíduos de *P. halimoides* coletadas em lagoas temporárias (Fig. 5H).

Cristais de oxalato de cálcio na forma de drusas foram abundantes nas folhas (Fig. 4A, C) e no caule (Fig. 6H, I) de todas as espécies, mas sem padrão de ocorrência definido. Esses cristais podem estar localizados próximos aos idioblastos que contém mucilagem, ou estar contidos nos próprios idioblastos (Fig. 6I), não sendo notadas variações entre nem dentro das espécies.

Amiloplastos foram verificados em abundância tanto nos caules quanto nas folhas de todas as espécies. Nas folhas estes foram registrados nas proximidades dos feixes (Fig. 4E), ou ao longo de todo o mesofilo (Fig. 4F). No caule foi observada uma bainha amilífera bem delimitada em todas as espécies (Fig. 6D-E), com maior concentração de amiloplastos na região medular (Fig. 6G). Nos caules, a maior concentração de amido foi notada em representantes de *P. wedermannii* (Fig. 6F), sendo menor em *Portulaca giuliettiae* (Fig. 6D) em relação às demais espécies.

DISCUSSÃO

Embora os caracteres macromorfológicos das folhas de Portulacaceae muitas vezes sejam de utilidade taxonômica reduzida, principalmente na delimitação das espécies, os caracteres micromorfológicos foliares têm fornecido importantes subsídios para o entendimento da evolução da família. Na filogenia apresentada por Ocampo et al. (2013)

foram recuperados dois grandes clados, um deles neotropical, reunindo espécies de folhas alternas, e outro predominantemente paleotropical, com espécies de folhas opostas. No clado neotropical quatro agrupamentos são bem sustentados (“Oleracea”, “Umbraticola”, “Cryptopetala” e “Pilosa”), embora não exista nenhuma categoria infragenérica formalmente proposta para esses grupos até o momento.

As folhas de representantes desses quatro clados neotropicais estão aqui representadas entre as espécies analisadas do Semiárido. Os clados “Cryptopetala” é representado por *Portulaca giuliettiae* e *P. mucronata*, “Oleracea” (inclui *P. oleracea*), “Umbraticola” (*P. umbraticola*), e todos eles apresentaram folhas planas. As demais espécies, representantes do clado “Pilosa” (*P. elatior*, *P. halimoides*, *P. werdermannii*) incluem folhas exclusivamente aciculares.

Como órgão vegetal de maior variação morfológica, a folha sofre influência direta do ambiente (Morretes e Ferri, 1959, Dickson, 2000). Espécies que habitam localidades com grande déficit hídrico tendem a apresentar folhas reduzidas e outros atributos que auxiliam na redução da perda d’água (Arens, 1958), sendo estas limitantes para sua sobrevivência em situações de seca prolongada. Apesar dos representantes do clado “Pilosa” exibirem redução foliar e tricomas abundantes, características descritas como importantes na adaptação ao ambiente xérico (Cutler et al., 2011) espécies com lâmina foliar plana (demais clados), foram tão abundantes quanto os representantes do clado “Pilosa” nos ambientes do Semiárido.

A abundância de tricomas nas axilas foliares relacionada às espécies do clado “Pilosa” (Ocampo e Columbus, 2012) poderia conferir a essas espécies maior vantagem em um ambiente com restrição hídrica, em relação às demais espécies. Porém, com base nos resultados apresentados, é provável que, apesar de importante, a redução foliar e a presença de tricomas abundantes não são determinantes para a adaptação a esse ambiente. Segundo Cutler et al. (2011), apesar dessas características estarem sempre relacionadas à redução da

evapotranspiração, em muitos casos elas podem estar mais relacionadas à herança genética, o que pode ocorrer com indivíduos aqui estudados.

Ainda em relação à adaptação, as espécies de *Portulaca* são conhecidas por desenvolverem amplos tecidos de reserva aquífera, a conhecida suculência. Entretanto, as amostras analisadas do Semiárido indicam que essa característica parece ser compartilhada taxonomicamente, não sendo apenas uma condição ecológica, uma vez que estruturas de reserva de água estavam presentes tanto na folha quanto no caule, de indivíduos ocorrentes em áreas mais secas ou com grande disponibilidade hídrica.

As espécies com folhas planas representantes dos clados “Oleracea”, “Umbraticola” e “Cryptopetala”, são bifaciais e apresentaram uma maior diferenciação no tecido de reserva aquífero, quando comparadas às espécies do clado “Pilosa”, concordando com Ogburn e Edwards (2009). Provavelmente a presença de tecidos de reserva diversificados também tenha influenciado positivamente na adaptação dessas espécies ao semiárido.

As variações morfoanatômicas associadas à presença de sulcos e tamanho das estruturas de reserva aquífera nas folhas de indivíduos de *Portulaca elatior* e *P. hamimoides* podem estar relacionadas ao ambiente onde foram encontradas, ocasionando ampla variação fenotípica (Coelho et al., 2010) associada à escassez ou grande disponibilidade de água. No caso de *P. elatior*, em que essa variação é possivelmente gerada pela perda de turgescência em células de parênquima aquífero causada pela restrição hídrica prolongada, podemos associar esse fenômeno a um processo de convergência adaptativa e estratégia para redistribuir melhor a água que havia sido armazenada.

Os idioblastos abundantes nos órgãos dos indivíduos estudados são em sua maioria de mucilagem e isso está diretamente relacionado à capacidade desses indivíduos em suprir a planta com água (Eggl e Nyffeler, 2009). Ogburn e Edwards (2010) acreditam na existência de relação entre fisiologia CAM e suculência, sugerindo que essas características

provavelmente evoluíram juntas. Estudos sobre suculência com enfoque ecológico e que analisem indivíduos de *Portulaca* ainda são restritos, sendo em sua maioria abordado o ponto de vista evolutivo (Landrum, 2002, Nyfeller et al., 2008, Arakaki et al., 2011). A presença de idioblastos contendo mucilagem já era esperada nesse trabalho, visto que essa estrutura de reserva é referida para Portulacaceae desde Metcalfe e Chalk (1957).

Cristais em forma de drusas foram observados tanto nos caules quanto nas folhas analisadas, o mesmo já observado por Metcalfe e Chalk (1957). Essas estruturas são abundantes nos representantes do clado ACPT (Ogburn e Edwards, 2009) e foram aqui consideradas sem informação taxonômica. Alguns estudos abordam a função de defesa contra herbívora associada a essas estruturas (Finley, 1999, Xiang e Chen, 2004), e além dessa função, a distribuição de luz para os cloroplastos no mesófilo pode ser referida aos cristais (Franceschie Nakata, 2001).

A presença de grande concentração de amido nas folhas, em especial nas proximidades dos feixes já era esperada, visto que o armazenamento dessa substância faz parte do processo fotossintético quando ocorre anatomia Kranz, tendendo a acumular essa substância na bainha que envolve o feixe (Taiz e Zaiger 2013). O inverso foi observado no caule, onde a baixa concentração de amido, especialmente, em *Portulaca giuliettiae*, pode estar associada à sua estratégia fisiológica com vias metabólicas intermediárias entre C₃-C₄. Em *P. werdermannii*, o caule com mais reserva de amido, mas ainda em quantidade inferior ao observado na folha, possivelmente está relacionado a um caráter taxonômico, pois não foram registradas variações entre os espécimes estudados.

CONCLUSÕES

A partir deste estudo pode-se inferir que as estratégias macromorfológicas observadas não devem ser decisivas para a sobrevivência dos representantes de *Portulaca* no Semiárido

brasileiro. Possivelmente o que mais favorece a sobrevivência dos indivíduos, entre os diversos ambientes que compõem o complexo Bioma Caatinga, é a sua capacidade de sobreviver aos extremos impostos pelo ambiente, que nem sempre estão relacionados a escassez de água. Em alguns casos, pode inclusive estar ligada ao excesso hídrico, comum em períodos de inundação como nas lagoas temporárias.

Provavelmente, por apresentar estruturas mais especializadas ao ambiente xérico, como folhas aciculares e abundância de tricomas axilares, *Portulaca werdermannii* (clado “Pilosa”) deve ter encontrado dificuldade em se estabelecer em ambientes com maior variação hídrica, tendo por isso distribuição mais limitada, sendo a única espécie endêmica do Semiárido da Bahia. Em contrapartida *P. elatior* e *P. halimoides*, representantes com alta variação fenotípica foram encontrados em todos os ambientes juntamente com espécies de outros clados (*P. oleracea*, *P. umbraticola* e *P. giuliettiae*), mais tolerantes e com menos especializações para sobrevivência em ambientes com restrição hídrica.

As estruturas de reserva e, sobretudo, os idioblastos mucilaginosos, são aqui indicados como os caracteres de maior importância para a adaptação dos indivíduos analisados de *Portulaca*, principalmente dos representantes dos clados “Oleracea” e “Umbraticola”, por apresentarem uma maior diversidade desses caracteres e serem muito bem adaptáveis às intempéries produzidas pelas variações hídricas encontradas no semiárido. Os idioblastos mucilaginosos provavelmente exerceram papel de extrema relevância nesse processo, portanto, sugere-se que sejam realizados estudos mais aprofundados quanto ao processo de desenvolvimento destes e sua relação com os espaçamentos intercelulares no caule.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Domingos Cardoso pelo material coletado em Minas Gerais e por disponibilizar fotografias das plantas no campo; ao Márcio Santos pela assistência

técnica. CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil), pelas bolsas dadas a TASV; à FAPESB (T.O. APP 0036/2011), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil) e à rede PPBIO Semiárido pelo apoio financeiro. RPO também agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade (PQ1D).

REFERÊNCIAS

- Arakaki, M., Chistin P.A., Nyffeler, R., Lendel, A., Eggli, U., Ogburn, R.M., 2011. Contemporaneous and recente radiations of the world's major succulent plant lineages. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108, 8379-8384.
- Arens, K., 1958. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica*. 15, 25-56.
- Campo, A.P.C., Haddad, A., Sesso, A., Mandarin-de-Lacerda, C.A., Minguês, F.C., Weissmuller, G., Rocha, M.G., Weckmann, J., Miranda, K., Medeiros, L.C.S., Attias, M., Farina, M., Motta, M.C., Meirelles, M.N., Silveira, M., Benchimol, M., Monçores, M.C., Soares, M.J, Souza, M.C., Barth, O.M., Corte-Real, S., Zorn, T.M.T., Souto-Pradón, U., Souza, W., 2007. *Técnicas de microscopia electronica aplicada às ciências biológicas*, 3rd ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia.
- Carolin, R.C., 1987. A review of the Family Portulacaceae. *Australian Journal of Botany* 35, 383-412.
- Coelho, A.A.O.P., Giuliatti, A.M., 2010. O gênero *Portulaca* L. (Portulacaceae) no Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24, 655-670.
- Coelho, A.A.O.P., Giuliatti, A.M., Harley, R.M., Yesilyurt, J.C., 2010. Synonymies and typifications in *Portulaca* (Portulacaceae) of Brazil. *Kew Bulletin* 65, 37-43.

- Conceição, A.A., Pirani, J.R., 2005 Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substrates, composição florística e aspectos estruturais. *Boletim de botânica da Universidade de São Paulo* 23, 85-111.
- Cuénoud, P., Vincent, S., Chatrou, L.W., Powell, M., Grayer, R.J., Chase, M.W., 2002. Molecular Phylogenetics of Caryophyllales based on nuclear 18S rDNA and plastid *rbcL*, *atpB*, and *matK* DNA sequences. *American Journal of Botany* 89, 132-144.
- Cushman, J.C., 2001. Crassulacean acid metabolism. A plastic Photosynthetic adaptation to arid environments. *Plant Physiology* 127, 1439-1448.
- Cutler, D.F., Botha, T., Stevenson, D.Wm., 2011. Características adaptativas, in: Vieira, RCM. *Anatomia Vegetal: Uma abordagem aplicada*. Artmed. Porto Alegre, Brasil, pp. 304.
- Dickson, W.C., 2000. *Integrative plant anatomy*. Harcourt, California, pp. 533.
- Eggl, U., Nyffeler, R., 2009. Living under temporarily arid conditions – succulence as an adaptive strategy. *Bradleya* 27, 13-36.
- Franceschi, V., Nakata, P.A., 2001. Calcium oxalate in plants. *Trends in Plant Science* 6, 361-427.
- Finley, D., 1999. Patterns of calcium oxalate crystals in young tropical leaves: a possible role as an anti-herbivory defense. *Revista de Biología Tropical* 47, 1-2.
- Giulietti, A.M., Bocage, A.L.N., Castro, A.A.J.F., Gamarra-Rojas, C.F.L., Sampaio, E.V.S.B., Virgínio, J.F., Queiroz, L.P., Figueiredo, M.A., Rodal, M.J.N., Barbosa, M.R.V., Harley, R.M., 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga, in: Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T., Lins, L.V. (Eds.), *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, pp. 47-90.
- Giulietti, A.M., Harley, R., Queiroz, L.P., Wanderley, M.G.L., Berg, C.V.D., 2005. *Biodiversidade e conservação de plantas no Brasil. Megadiversidade*. 1, 52-61.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. www.ibge.gov.br (accessed 12.01.16).
- Jensen, W.A., 1962. Botanical histochemistry. WH Freeman and Co, San Francisco.
- Johansen, D.A., 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Books: New York.
- Kraus, J.E., Arduin, M., 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: EDUR.
- Landrum, J.V., 2002. Four succulent families and 40 million years of evolution and adaptation to xeric environments: What can stem and leaf anatomical characters tell us about their phylogeny? *Taxon* 51, 463-473.
- Leite, K.R.B., França, F., Scatena, V.L., 2009. Anatomia de espécies anfíbias de Cyperaceae de lagoas do semi-árido, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23, 786-796.
- Lopes- Hernandez, J., Oliveira-Neto, M.A., Melo-de-Pinna, G.F.A., 2016. Different ways to build succulent leaves in Portulacineae (Caryophyllales). *International Journal of Plant Sciences* 177, 198-208.
- Metcalf, C.R., Chalk. L., 1957. Anatomy of the dicotyledons. V.1. Oxford/London, Clarendon Press 1, 669-674.
- Morretes, de B.L., Ferri, M.G., 1959. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas do Cerrado. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras, Universidade de São Paulo Botânica* 16, 7-70.
- Nimer, E., 1977. Clima, in: IBGE. Geografia do Brasil; região Nordeste. Rio de Janeiro. pp 47-48.
- Nyffeler, R., 2007. The closest relatives of cacti: insights from phylogenetic analyses of chloroplast and mitochondrial sequences with special emphasis on relationships in the tribe Anacampseroteae. *American Journal of Botany* 94, 89-101.

- Nyffeller, R., Eggli, U., Ogburn, M., Edwards, E., 2008. Variations on a theme: Repeated evolution of succulent life form in the Portulacineae (Caryophyllales). *Haseltonia* 14, 26-36.
- Nyffeller, R., Eggli, U., 2010. Disintegrating Portulacaceae: A new familial classification of the order Portulacineae (Caryophyllales) based on molecular and morphological data. *Taxon* 59, 227-240.
- O'Brien, T.P., Feder, N., McCully, M.E., 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59, 368-373.
- Ocampo, G., Columbus, J.T., 2012. Molecular phylogenetic, historical biogeography and chromosome number evolution of *Portulaca* (Portulacaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 63, 97-112.
- Ocampo, G., 2013. Morphological characterization of seeds in Portulacaceae. *Phytotaxa* 141, 1-24.
- Ogburn, M.R., Edwards, E.J., 2009. Anatomical variation in Cactaceae and relatives: trait lability and evolutionary innovation. *American Journal of Botany* 96, 391-408.
- Ogburn, M.R., Edwards, E.J., 2010. The ecological water - use strategies of succulent plants, in: Kader, J.C & Delseny, M. *Advances in Botanical Research* 55, 179-225.
- Pearse, A.G.E., 1980. *Histochemistry: Theoretical and applied* 4th ed. Longman Group Limited.
- Pedro, F., Maltchik, L., Bianchini, Jr.I., 2006. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66, 575-585.
- Queiroz, P.Q., Rapini, A., Giulietti, A.M., 2006. *Rumo ao amplo conhecimento da biodiversidade do semi-árido Brasileiro*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.

RADAMBRASIL, 1983. Levantamento de Recursos Naturais (anexo); folhas SC. 24/25
Aracaju/Recife. Vol.30. Rio de Janeiro.

Taiz, L. and Zeiger, E., 2013. Fisiologia vegetal, fifth ed. Artmad, Porto Alegre.

Xiang, H., Chen, J., 2004. Interspecific variation of plant traits associated with resistance to herbivory among four species of *Ficus* (Moraceae). *Annals of Botany* 94, 377-384.

Tabela 1. Espécies de Portulacaceae coletadas no Semiárido do Brasil e analisadas no presente trabalho. Os materiais foram depositados no herbário HUEFS e os cladus estão referidos segundo Ocampo et al. (2013).

Clado	Espécie	Município	Nº do coletor	Ambiente
“Pilosa”	<i>P. elatior</i> L.	Conceição do Coité	Vieira, T. 28	Caatinga
		Baixa Grande	Vieira, T. 37	Lagoa temporária
		Santa Luz	Vieira, T. 145	Caatinga
		Palmeiras	Vieira, T. 153	Campo rupestre
“Pilosa”	<i>P. halimoides</i> L.	Morro do Chapéu	Vieira, T. 10	Campo rupestre
		Baixa Grande	Vieira, T. 15	Lagoa temporária
		Conceição do Coité	Vieira, T. 24	Caatinga
“Cryptopetala”	<i>P. giuliettiae</i> T.A.S.Vieira & A.A.O.P.Coelho	Morro do Chapéu	Vieira, T. 5	Campo rupestre
		Palmeiras	Vieira, T. 147	Campo rupestre
“Cryptopetala”	<i>P. hirsutissima</i> Camb.	Diamantina (MG)	Cardoso, D. et al. 3788	Campo rupestre
		Diamantina (MG)	Cardoso, D. et al. 3784	Campo rupestre
“Cryptopetala”	<i>P. mucronata</i> Link.	Morro do Chapéu	Vieira, T. 11	Campo rupestre
		Santa Luz	Vieira, T. 142	Caatinga
		Palmeiras	Vieira, T. 149	Campo rupestre
“Oleracea”	<i>P. oleracea</i> L.	Ipirá	Vieira, T. 13	Lagoa temporária
		Santa Luz	Vieira, T. 144	Caatinga
		Palmeiras	Vieira, T. 154	Campo rupestre
“Umbraticola”	<i>P. umbraticola</i> Kunth.	Conceição do Coité	Vieira, T. 25	Caatinga
		Ipirá	Vieira, T. 14	Lagoa temporária
		Santa Luz	Vieira, T. 143	Caatinga
“Pilosa”	<i>P. werdermannii</i> Poelln.	Morro do Chapéu	Vieira, T. 7	Campo rupestre
		Mucugê	Vieira, T. 16	Campo rupestre
		Palmeiras	Vieira, T. 151	Campo rupestre

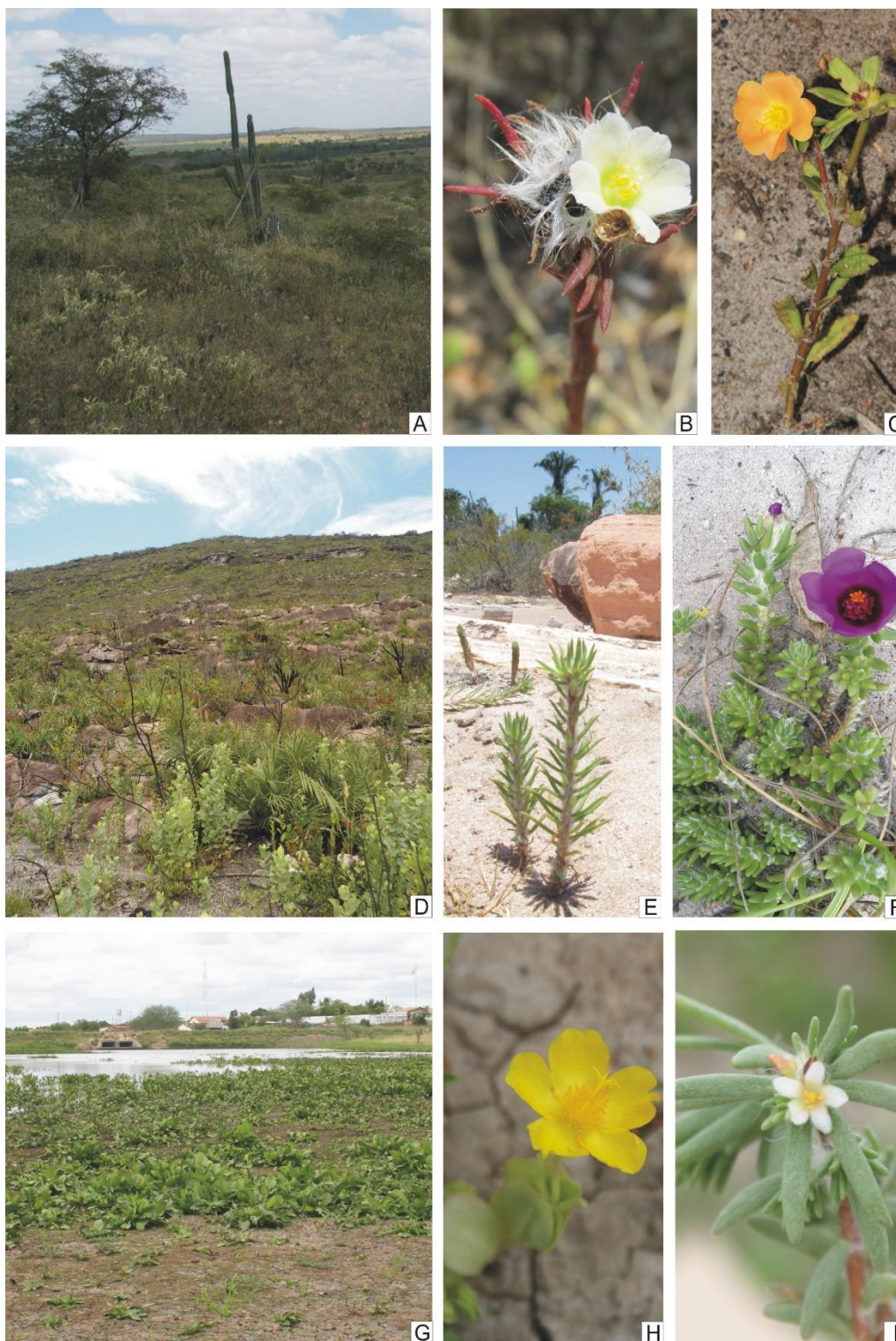


Figura 1. Ambiente de ocorrência e hábito das espécies de *Portulaca* coletadas para o presente estudo. A. Vegetação de caatinga, Conceição do Coité – BA. B. *Portulaca elatior* (Vieira, 145). C. *P. mucronata* (Carvalho 207 HUEFS). D. Campo Rupestre, Mucugê- Ba. E. *P. elatior* (Vieira, 153). F. *P. werdermannii* (Vieira, 16). G. Lagoa temporária, Ipirá- Ba. H. *P. umbraticola* (Vieira, 14). I. *P. halimoides* (Vieira, 15).



Figura 2. Morfologia do ápice foliar das espécies de *Portulaca* utilizadas no presente estudo. A-B. Representantes do clado “Pilosa”: A. *P. halimoides* (Vieira, 10). B. *P. werderannii* (Vieira, 7). C-D. Representantes do clado “Cryptopetala”: C. *P. mucronota* (Vieira, 143). D. *P. giuliettiae* (Vieira, 5). E. Representante do clado “Oleracea”: *P. oleracea* (Vieira, 144). F. Representante do clado “Umbraticola”: *P. umbraticola* (Vieira, 25). Barra de escala: 1mm.

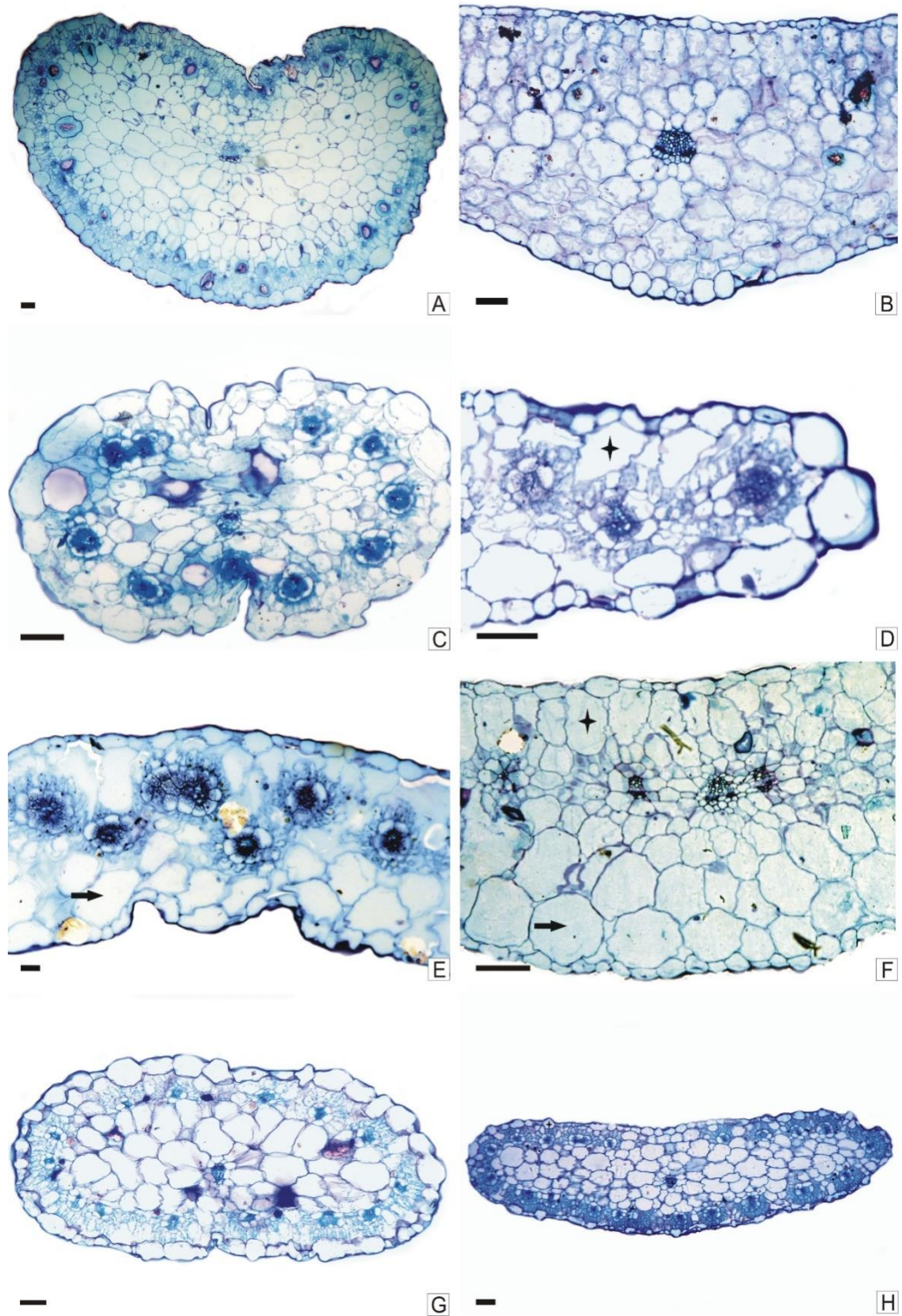


Figura 3. Anatomia foliar em cortes transversais de espécies de *Portulaca*. A-B. Parênquima de reserva aquífero. A. *P. werdermannii* (Vieira,7). B. *P. mucronata* (Vieira, 142). C. Indivíduo de *P. elatior* (Vieira, 145) com variação morfoanatômica. D-F. Estruturas de reserva aquífera em “Oleracea” e “Umbraticola” D. Bordo de *P. oleracea* (Vieira, 144). E. Meio da folha de *P. oleracea* (Vieira, 144). F. *P. umbraticola* (Vieira, 143); G-H. *P. halimoides*. G. indivíduo de lagoa temporária (Vieira, 15). H. Indivíduo coletado em campo rupestre (Vieira, 10). Seta preta: parênquima aquífero; estrela preta: Hipoderme aquífera. Barra de escala= 100µm.

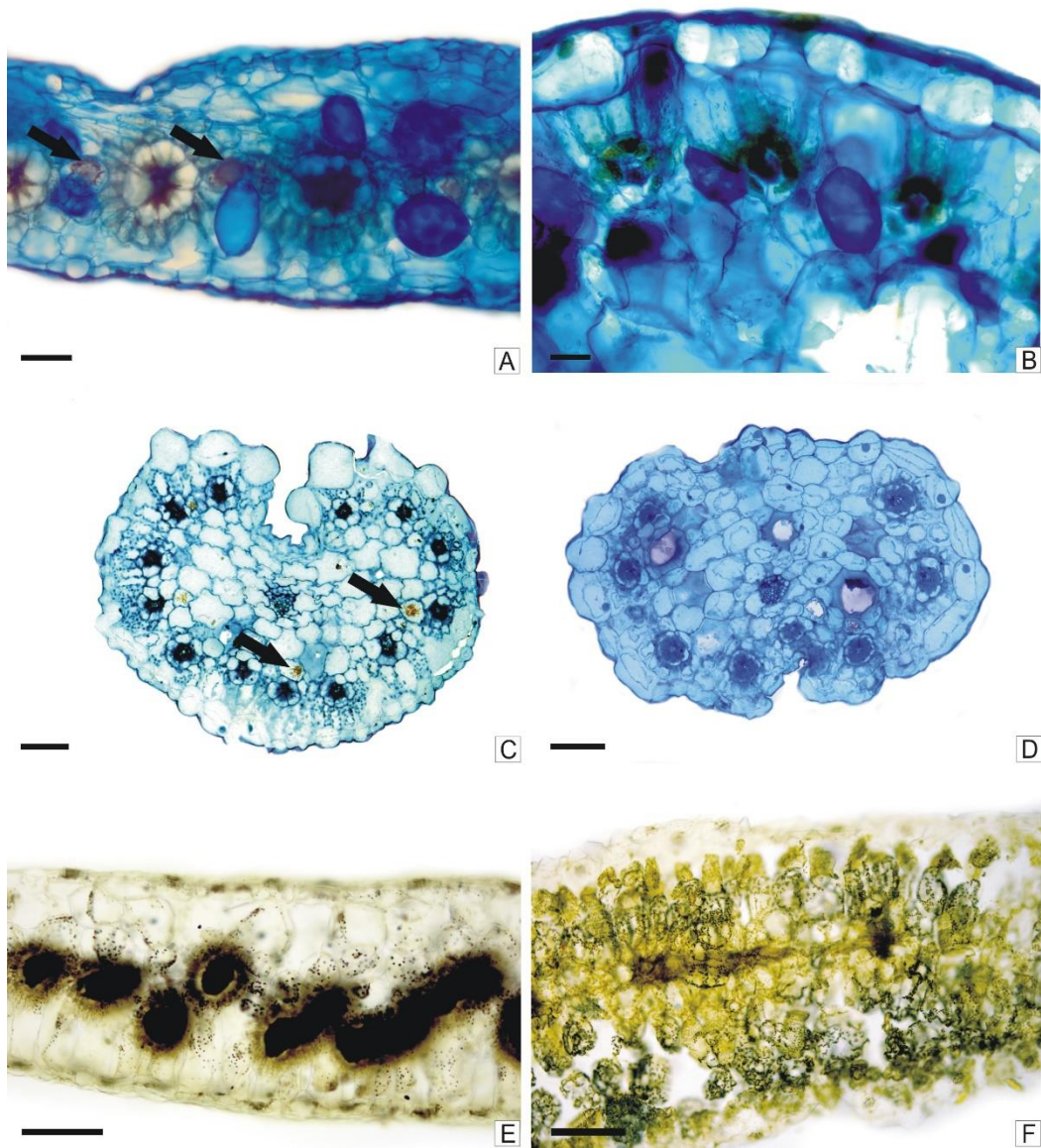


Figura 4. Histoquímica de folhas de *Portulaca*. A-B. Idioblastos mucilaginosos; A. *P. unbraticola* (Vieira, 143). B. *P. werdermannii* (Vieira, 16). C-D. *P. elatior*; C. Indivíduo coletado em caatinga (Vieira, 28). D. Indivíduo coletado em lagoa temporária (Vieira, 37). E-F. amiloplastos; E. *P. oleraceae* (Vieira, 144); F. *P. mucronata* (Vieira, 149). Seta preta: Cristais em formato de drusas. Barra de escala= 100μm.

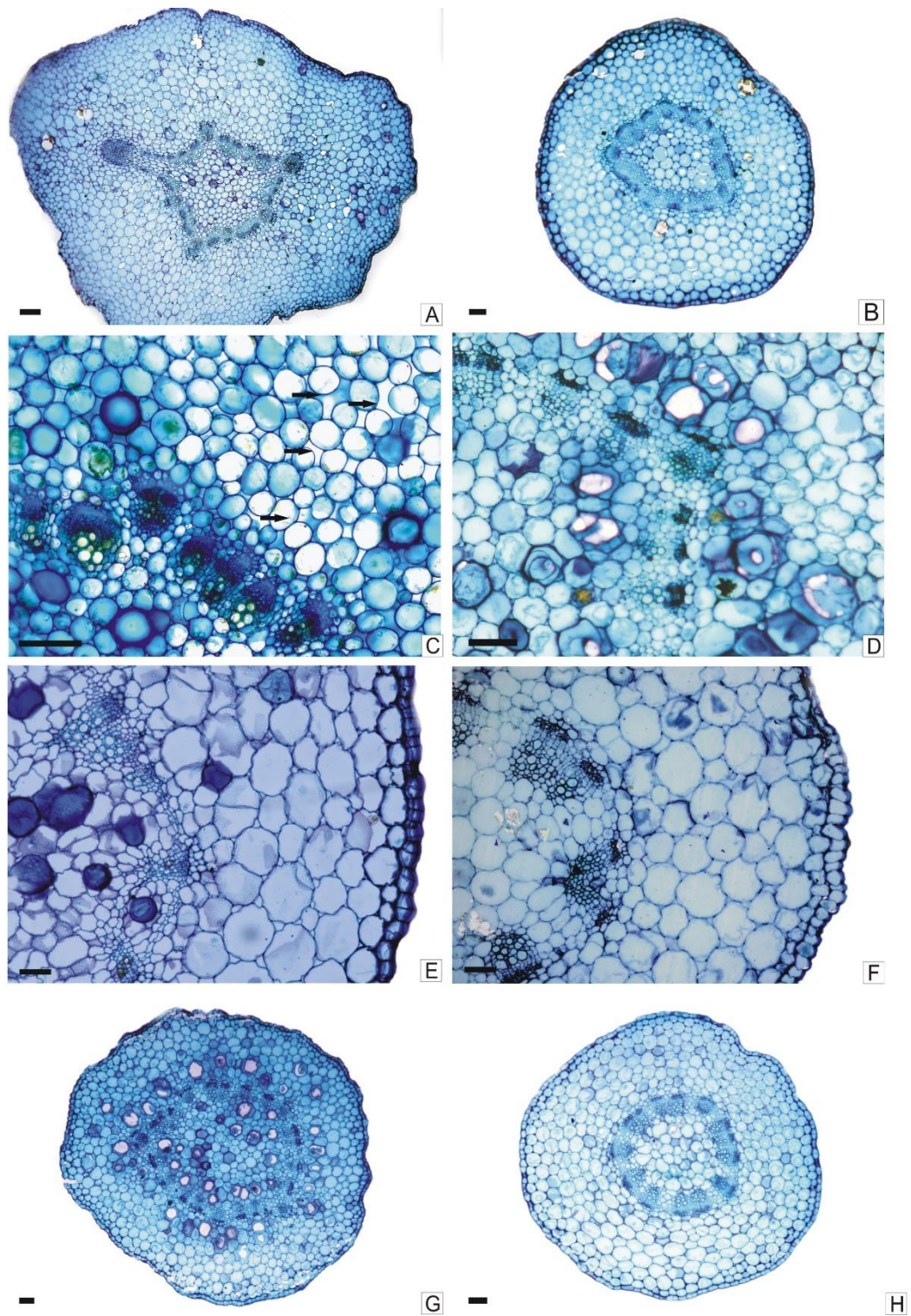


Figura 5. Anatomia caulinar cortes transversais de espécies de *Portulaca*. A-B. Visão geral. A. *P. werdermannii* (Vieira, 7). B. *P. halimoides* (Vieira, 10). C-F. Detalhe. C. Espaços intercelulares avantajados em *P. werdermannii* (Vieira, 7). D. Ausência de espaçamentos intercelulares em *P. elatior* (Vieira, 145). E. *P. umbraticola* (Vieira, 27). F. *P. mucromata* (Vieira, 11). G-H. Visão geral. G. *P. elatior* (Vieira, 145). H. *P. halimoides* (Vieira, 15). Barra de escala= 100µm.

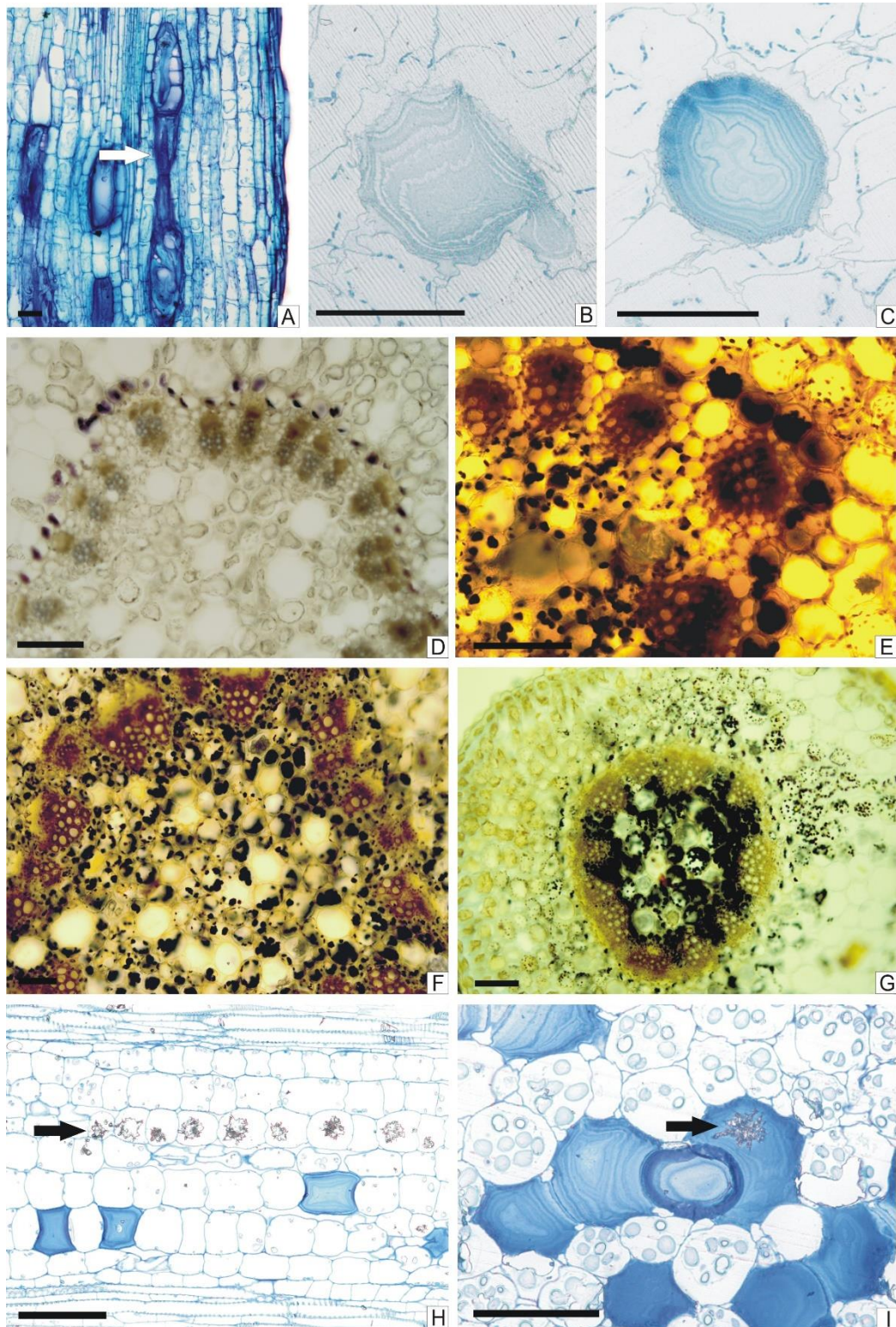


Figura 6. Histoquímica de caule de *Portulaca*. A. Canais de mucilagem corte transversal de *P. elatior* (Vieira, 28). B-C. Detalhe de idioblastos de mucilagem. B. *P. halimoides* (Vieira, 5). C. *P. halimoides* (Vieira, 5). D-E. Detalhe da bainha amilífera. D. *P. giuliettiae* (Vieira, 16). E. *P. halimoides* (Vieira, 24). F-G. Detalhe da medula com amiloplastos. F. *P. werdermannii* (Vieira, 147). G. *P. mucronata* (Vieira, 15). H-J. Detalhe de drusas e canais de mucilagem. H. Corte longitudinal em *P. oleracea* (Vieira, 154). J. Corte transversal em *P. werdermannii* (Vieira, 7). Seta branca: canais de mucilagem. Seta preta: cristais em formato de drusa. Barra de escala= 100μm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portulaceae é um grupo muito característico da flora de ambientes xéricos no Brasil, mas não se restringe aos mesmos. No semiárido, suas flores coloridas e vistosas atraem a atenção de coletores e das abelhas, seus principais polinizadores, as quais precisam visitá-las até o final da manhã, quando se fecham e por isso são popularmente conhecidas como "onze-horas".

Os dados aqui apresentados fornecem importantes informações em dois sentidos. Um deles, é sobre a avaliação de aspectos micromorfológicos nos representantes de Portulaceae do Brasil, uma vez que a revisão taxonômica disponível inclui apenas macrocaracteres. Assim, os aspectos morfológicos de sementes grãos de pólen dessas espécies foi analisado com enfoque taxonômico, as quais são aqui consideradas bastante eficientes. Variações nas sementes eram esperadas, como é típico em Caryophyllales, mas as variações polínicas foram uma grande surpresa.

Tais variações foram maiores em morfotipos relacionados a *Portulaca hirsutissima*, subsidiando a proposição de duas novas espécies brasileiras, uma delas exclusiva da Chapada dos Veadeiros, em Goiás (*P. goiasensis* T.A.S. Vieira & A.A.O.P. Coelho) e a outra com distribuição no Leste do Brasil (*P. giuliettiae* T.A.S. Vieira & A.A.O.P. Coelho). Estas espécies estavam erroneamente identificadas sob *Portulaca hirsutissima* Camb., que foi recircunscrita como endêmica de Minas Gerais.

Embora a morfoanatomia das folhas e caules não sejam tão úteis do ponto de vista taxonômico, esses dados fornecem importantes ideias a partir de uma abordagem ecológica, destacando-se suas relações com os ambientes onde as espécies ocorrem, marcados muitas vezes por extremos de umidade (secas e enchentes). As observações ecológicas realizadas auxiliam na compreensão sobre a influência dos caracteres macromorfológicos e morfoanatômicos relacionados à adaptação hídrica dessas

espécies, produzindo inferências acerca de adaptações importantes para o grupo e, sobretudo, relacionadas à diversidade de estruturas com reserva aquífera.

Embora esses dados representem um grande avanço, ainda há muito para ser estudado. Sugere-se por exemplo, trabalhos abordando genética de populações, especialmente no grupo de *Portulaca hirsutissima* e espécies afins, para melhor esclarecer os aspectos evolutivos nesse grupo. Estudos ontogenéticos também devem ser explorados, envolvendo desenvolvimento das peças florais, além da necessidade de investimento no enfoque ecológico voltado para outros Biomas brasileiros onde essa família é registrada.