



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



LEILANE CARVALHO BARRETO

ESTUDOS EM ERIOCAULACEAE Mart.:
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO TEGUMENTO E
GERMINAÇÃO DE SEMENTES

BELO HORIZONTE – MG

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



LEILANE CARVALHO BARRETO

ESTUDOS EM ERIOCAULACEAE Mart.:
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO TEGUMENTO E
GERMINAÇÃO DE SEMENTES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de Concentração Fisiologia Vegetal

Orientadora : Dr^a. Queila de Souza Garcia
Universidade Federal de Minas Gerais

BELO HORIZONTE – MG

2012

Barreto, Leilane Carvalho.

Estudos em Eriocaulaceae Mart.: caracterização morfológica do tegumento e germinação de sementes. [manuscrito] / Leilane Carvalho Barreto. – 2012.

45 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Queila de Souza Garcia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica.

1. Giberelinas – Teses. 2. Plantas - Hormônios – Teses. 3. Filogenia - Teses. 4. Plantas – Efeito da luz – Teses. 5. Taxonomia vegetal – Teses. 6. Fisiologia vegetal - Teses. 7. Syngonanthus. 8. Comanthera. I. Garcia, Queila de Souza. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 581.1

Dissertação defendida e aprovada, em 16 de fevereiro de 2012, pela banca
examinadora constituída pelos professores:



Dra. Queila de Souza Garcia - Orientadora



Dr. José Márcio Rocha Faria



Dr. João Renato Stehmann

“O saber a gente aprende com os mestres
e com os livros. A sabedoria se aprende
é com a vida e com os humildes”.

Cora Coralina

Agradecimentos

Concluir uma dissertação não é tarefa fácil, e é muito bom chegar ao fim de mais uma etapa e poder agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado.

A primeira pessoa que gostaria de agradecer é à minha orientadora, Dr^a Queila de Souza Garcia, primeiramente por aceitar me orientar sem ainda nem nos conhecermos. Muito obrigada pela amizade, companheirismo, dedicação, paciência, auxílio e pelo conhecimento compartilhado. Que essa parceria continue tendo sucesso nos próximos anos!

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UFMG por ter permitido a realização deste trabalho.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa.

Aos professores que aceitaram nosso convite de participar da banca, Dr. José Márcio Rocha Faria e Dr. João Renato Stehmann como titulares e Dr. José Pires de Lemos Filho e Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro como suplentes.

Ao professor Dr. Massanori Takaki (UNESP), por gentilmente ter disponibilizado o laboratório e por todo apoio na realização dos experimentos em Rio Claro.

À professora Dr^a Denise Maria Trombert de Oliveira e à amiga Rafaella Cardoso Ribeiro pelo grande auxílio no estudo do tegumento das sementes.

Aos professores do Departamento de Botânica que fizeram parte dessa jornada e contribuíram para o meu crescimento.

À Livia Echternatch, pelas valiosas contribuições na discussão sobre taxonomia e filogenia.

À Ana Paula Martins Oliveira, exemplo de funcionária, pela boa vontade constante, por sempre nos receber com um sorriso no rosto e pelos tantos artigos conseguidos através do Comut.

Aos funcionários do ICB e do Departamento de Botânica pelo serviço prestado.

Ao Centro de Microscopia da UFMG pela disponibilização do espaço e dos equipamentos para obtenção das fotos de microscopia eletrônica de varredura.

Ao Bruno Falcão, pelo auxílio na deposição das plantas no herbário.

Aos amigos do laboratório, Daniela Duarte, Marcos Hanashiro, Miele Tallon, Bárbara Vieira e Kamila Ferreira, por todo auxílio quando precisei, pela companhia em campo, pelas amizades criadas e por todos os bons momentos que tivemos juntos.

Aos demais colegas da pós-graduação pelo convívio e companheirismo.

Às amigas Sarah, Rafaella e Vanessa pela agradável companhia e pelos momentos de lazer e descontração necessários para recuperar as energias.

À Lídia, primeira companheira de apartamento, pela convivência durante o primeiro ano; e à Yvanoska e Daniella, pela companhia, amizade e pela convivência no novo apartamento. Obrigada por tornarem a minha estada em Belo Horizonte mais agradável.

Ao Henrique, Laura, Paulo e todos os demais integrantes e agregados da República Nemelés pela hospitalidade, amizade, carinho e apoio durante todo o tempo que eu fiquei em Rio Claro.

Aos meus amigos baianos, que mesmo distantes fisicamente sempre me apoiaram e torceram pelo meu sucesso.

Aos meus pais, pelo exemplo, pelo incentivo incondicional, por tudo que representam em minha vida e por acreditarem em mim, me dando forças para seguir em frente e alcançar meus objetivos.

Aos meus irmãos, Yuri e Lorena, pela grande amizade, confiança, e por sempre estarem ao meu lado.

A todos os familiares pelo apoio e carinho de sempre.

A Deus, por todas as oportunidades concedidas em minha vida, as quais me permitem vivenciar ricas experiências e aprendizados.

Muito obrigada!

Sumário

| | |
|------------------------|---|
| Resumo Geral..... | 2 |
| Abstract | 3 |
| Introdução Geral | 4 |
| Referências | 6 |

Capítulo 1: Escultura do tegumento em *Comanthera* (Eriocaulaceae) e suas implicações para a taxonomia e filogenética..... 7

| | |
|-------------------------|----|
| Resumo/Abstract..... | 8 |
| Introdução | 9 |
| Material e Métodos..... | 11 |
| Resultados | 13 |
| Discussão..... | 19 |
| Referências | 23 |

Capítulo 2: Efeito da intensidade de luz e da giberelina exógena na germinação de sementes de *Syngonanthus* Ruhland e *Comanthera* L.B.Sm

| | |
|------------------------------|-----------|
| (Eriocaulaceae) | 28 |
| Resumo..... | 29 |
| Abstract..... | 30 |
| Introdução | 31 |
| Material e Métodos..... | 33 |
| Resultados | 36 |
| Discussão..... | 39 |
| Referências | 41 |

| | |
|----------------------------|----|
| Considerações Finais | 45 |
|----------------------------|----|

Índice de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Lista das espécies estudadas, seus respectivos subgêneros e seções e voucher BHCB (número de tombo no herbário).

Tabela 2. Principais características micromorfológicas utilizadas para analisar as espécies estudadas.

Capítulo 2

Tabela 1. Lista das espécies e dados de coleta das populações estudadas.

Tabela 2. Germinabilidade das três espécies estudadas em respostas aos tratamentos de pulsos de luz branca. Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si na coluna.

Tabela 3. Germinabilidade das três espécies estudadas em respostas aos tratamentos com GA₃. Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si na coluna.

Índice de figuras

Introdução Geral

Figura 1. Campo rupestre da Serra do Cipó, MG (A); *Syngonanthus anthemidiflorus* (B); *S. verticillatus* (C); *Comanthera bisulcata* (D); Produtos artesanais feitos com semente-vivas (E-F). (Fotos: A-D: Marcos Hanashiro; E-F: Daniela Duarte).

Capítulo 1

Figura 1. Escultura da testa de *Comanthera* L.B.Sm. [A-C; G-I; M-O]: Vista geral das sementes [D-F; J-L; P-R]: Detalhe do tegumento. **C. subg. *Comanthera***: [A,D]: *C. aurifibrata*; [B,E]: *C. aciphylla*; [C,F]: *C. bisulcata*; [G,J]: *C. elegans*; [H,K]: *C. dealbata*; [I,L]: *C. nitida*; [M,P]: *C. elegantula*; **C. subg. *Thysanocephalus***: [N,Q]: *C. vernonioides*; [O,R]: *C. cipoensis*.

Figura 2. Escultura da testa de sementes de *Syngonanthus* e *Leiothrix* e detalhes de estruturas em *Comanthera*. [A-C; G-H]: Vista geral das sementes. [D-F; I-L]: Detalhe do tegumento. ***Syngonanthus* sect. *Carphocephalus***: [A,D]: *S. caulescens*. **S. sect.**

Syngonanthus: [B,E]: *S. anthemidiflorus*; [C,F]: *S. flaviceps*; [G,J]: *S. verticillatus*. [H, K]: *Leiothrix vivipara*. [I]: Detalhe do opérculo (seta) em *Comanthera dealbata*. [L]: Estruturas esféricas (setas) e redes supracelulares (cabeça de seta) em *C. elegans*.

Figura 3. Ornamentação da testa de sementes de Eriocaulaceae otimizada no cladograma correspondente à análise filogenética mais recente para *Syngonanthus* e *Comanthera*, baseada nos marcadores plastidiais (*trnL-trnF* e *psbA-trnH*) e nucleares (ITS), extraído de Echernacht et al. (submetido).

Capítulo 2

Figura 1. Porcentagem de germinação acumulada das sementes de *Syngonanthus anthemidiflorus* (A), *S. verticillatus* (B) e *Comanthera bisulcata* (C) em resposta aos tratamentos de pulsos de luz branca.

Estudos em Eriocaulaceae Mart.: Caracterização morfológica do tegumento e germinação de sementes

Resumo Geral

A família Eriocaulaceae apresenta distribuí-se na África e nas Américas, tendo como principal centro de diversidade a Cadeia do Espinhaço, nos estados de Minas Gerais e Bahia (Brasil). O gênero *Comanthera* L.B.Sm. foi recentemente restabelecido a partir de *Syngonanthus* Ruhland, e análises filogenéticas moleculares indicam que ambos são grupos irmãos e monofiléticos. Este estudo foi realizado com sementes de *Comanthera* L.B.Sm. e *Syngonanthus* Ruhland (Eriocaulaceae Mart.) e teve como objetivos caracterizar a morfologia externa das sementes de *Comanthera* utilizando MEV para analisar suas variações de acordo com as hipóteses filogenéticas atuais e verificar o efeito de diferentes períodos de luminosidade e da aplicação de giberelina na germinação das sementes. Na análise em MEV foi observado que o tegumento em *Comanthera* apresenta um padrão rugoso, causado por diferentes tipos de espessamentos das faces periclinais, e as características observadas permitem separar os dois subgêneros, além de corroborar a divisão feita para os gêneros *Syngonanthus* e *Comanthera*, apresentando valor taxonômico e filogenético. Para os testes de germinação as sementes foram submetidas a tratamentos com pulsos de luz branca contínuos, pulsos com tempos determinados durante cinco dias e pulsos de luz com adição de solução de GA₃ 1000mg/L. Os controles foram feitos com sementes mantidas sob luz branca contínua, fotoperíodo de 12 horas, escuro contínuo e em solução de GA₃ a 500 e 1000mg/L na luz e no escuro. Os resultados mostraram que as três espécies necessitam de um longo período de exposição à luz para germinar. Para *S. anthemidiflorus* a germinação foi significativamente mais alta (14,5 a 37,5%) nos tratamentos com 30, 36 e 48h de luz, e atingiu 60% no tratamento de 6h de luz por cinco dias. Para *S. verticillatus* a maior germinabilidade obtida foi de 12,5% no tratamento de 48h de luz, e para *C. bisulcata* foi de 15,3% com 4h de luz por cinco dias. A aplicação de GA₃ nas concentrações de 500 e 1000mg/L não promoveu a germinação de nenhuma das espécies, não substituindo a necessidade de luz.

Palavras-chave: *Comanthera*, *Syngonanthus*, giberelina, filogenia, luz, taxonomia

Abstract

Eriocaulaceae is distributed by Africa and Americas, having as major diversity's center the Espinhaço Range, in Minas Gerais and Bahia states (Brazil). Recently, *Comanthera* L.B.Sm. was reestablished from *Syngonanthus* Ruhland, and molecular phylogenetics analyses show them as monophyletic and sister groups. This study was done with *Comanthera* L.B.Sm. and *Syngonanthus* Ruhland (Eriocaulaceae Mart.) seeds and aimed to characterize the external morphology of *Comanthera* seeds using SEM to analyze its variations according to the currently phylogenetic hypothesis and verify the effect of different light exposures and gibberellin on seed germination. In SEM analysis it was observed that *Comanthera* seed coat shows a rough pattern, caused by different types of thickening of the periclinal faces, and the observed characteristics allow to separate the two subgenera, beyond corroborate the division established for the genres *Syngonanthus* and *Comanthera*, showing taxonomic and phylogenetic value. For the germination tests, seeds were submitted to the following treatments: continuous white light pulses, pulses of determined times for five days and light pulses with gibberellin solution 1000mg/L. The controls were done with seeds kept under continuous white light, 12h photoperiod, continuous dark and gibberellin solution 500 and 1000mg/L at light and dark. Results show that the three species need a long period of light exposure to germinate. For *S. anthemidiflorus* the germination was significantly higher (14,5 to 37,5%) in treatments with 30, 36 and 48h of light, and reached 60% in the treatment of 6h of light for five days. For *S. verticillatus* the highest germination obtained was 12,5%, in the treatment of 48h of light, and for *C. bisulcata* it was 15,3% with 4h of light for five days. The application of GA₃ at 500 and 1000mg/L didn't promote germination of none of the seeds, not replacing the light requirement.

Key words: *Comanthera*, *Syngonanthus*, gibberellin, phylogeny, light, taxonomy

Introdução Geral

A Cadeia do Espinhaço é formada por uma área de aproximadamente 1000km de extensão e compreende um maciço montanhoso que se distribui na direção norte-sul nos estados da Bahia e Minas Gerais (Giulietti e Pirani, 1988; Giulietti, 1997). Nas altitudes entre 900 e 1500m predominam os campos rupestres (Fig. 1A), entremeados por cerrados, matas ciliares e matas de capões, cada um apresentando uma florística própria e padrões de distribuição geográfica característicos (Giulietti, 1997). A principal característica dos campos rupestres é a sua localização em grandes altitudes (Giulietti *et al.*, 2000) e a vegetação do tipo mosaico, formada por um estrato herbáceo mais ou menos contínuo que se intercala com pequenos arbustos e subarbustos (Giulietti e Pirani, 1988; Giulietti *et al.*, 2000).

De modo geral, ao longo da Cadeia do Espinhaço ocorrem as mesmas famílias e gêneros, o que contribui para a manutenção da fisionomia similar por toda a Cadeia (Giulietti, 1997). Entre as famílias que predominam nos campos rupestres está a Eriocaulaceae Mart., que possui cerca de 1100 espécies distribuídas em 11 gêneros (Andrade *et al.*, 2010). Seus representantes caracterizam-se pelo hábito herbáceo e inflorescência do tipo capítulo, protegido por uma série de brácteas involucrais (Miranda e Giulietti, 2001). Popularmente estas plantas são conhecidas como “sempre-vivas”, pois seus escapos e inflorescências conservam a aparência de estruturas vivas depois de terem sido removidos das plantas (Giulietti *et al.*, 1987; Giulietti *et al.*, 1996).

Muitas plantas comercializadas como sempre-vivas pertencem aos gêneros *Syngonanthus* Ruhland e *Comanthera* L.B.Sm (Fig. 1B – 1F). *Syngonanthus* tem distribuição na África e Américas e inclui cerca de 200 espécies (Giulietti e Hensold, 1990; Parra *et al.*, 2010). *Comanthera* foi restabelecido a partir de duas seções de *Syngonanthus* (Giulietti e Hensold, 1991; Parra *et al.*, 2010) e inclui 38 espécies com ocorrência exclusiva na América do Sul, principalmente nos campos rupestres (Parra *et al.*, 2010). Muitas espécies, além de terem importância econômica, possuem distribuição restrita, e em decorrência da coleta excessiva baseada no extrativismo, estão ameaçadas de extinção (Mendonça e Lins, 2000; Biodiversitas, 2007; MMA, 2008). Este estudo tem por objetivo contribuir com informações filogenéticas e taxonômicas a partir da caracterização externa do tegumento das sementes de *Comanthera* bem como verificar o efeito de diferentes condições de luz e de giberelina na germinação de sementes de *Syngonanthus* e *Comanthera*.

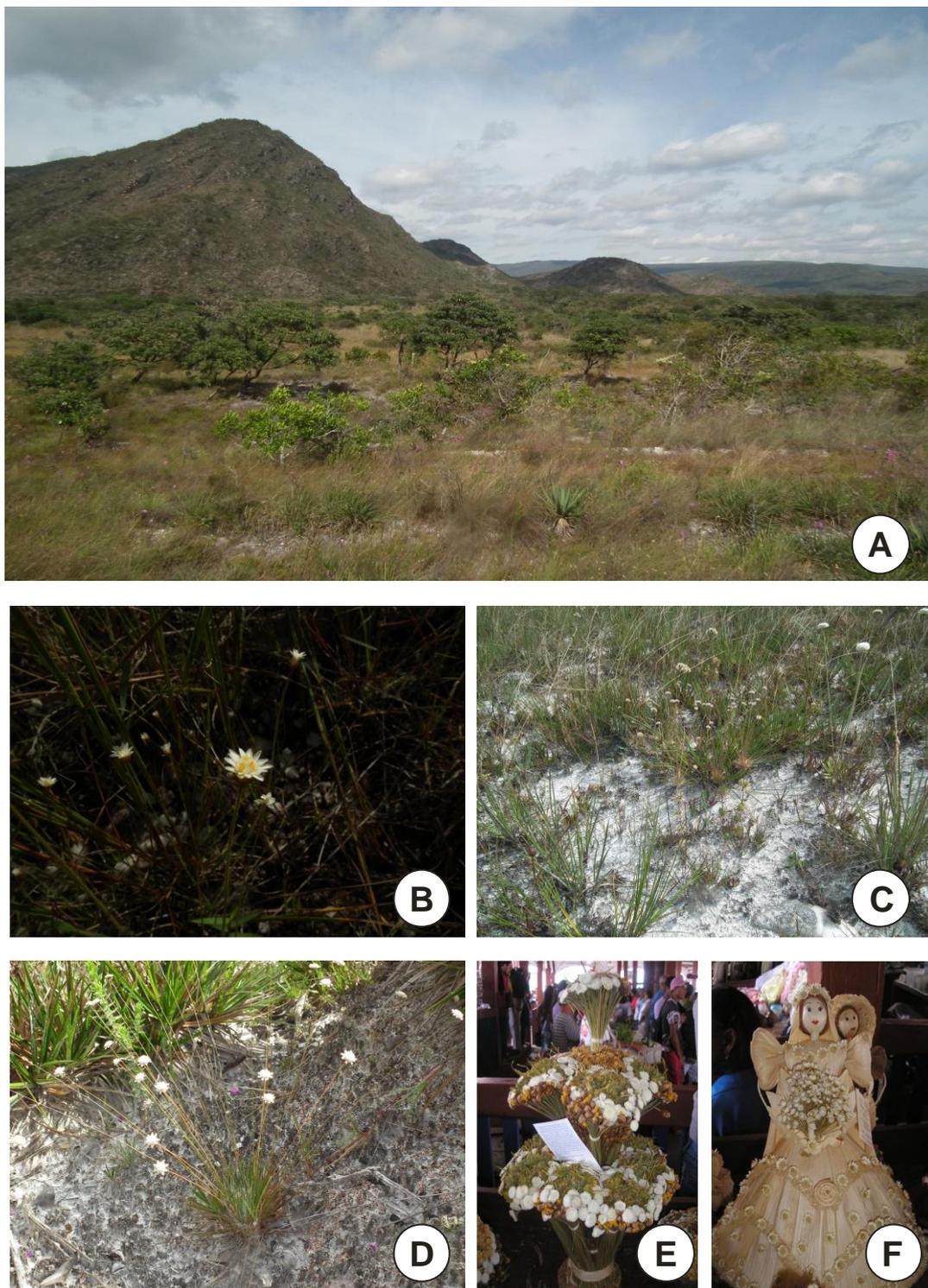


Figura 1. Campo rupestre da Serra do Cipó, MG (A); *Syngonanthus anthemidiflorus* (B); *S. verticillatus* (C); *Comanthera bisulcata* (D); Produtos artesanais feitos com sempre-vivas (E-F). (Fotos: A-D: Marcos Hanashiro; E-F: Daniela Duarte).

Referências

- Andrade, M.J.G., Giuliatti, A.M., Rapini, A., Queiroz, L.P., Conceição, A.D., Almeida, P.R.M., van den Berg, C., 2010. A comprehensive phylogenetic analysis of Eriocaulaceae: Evidence from nuclear (ITS) and plastid (psbA-trnH and trnL-F) DNA sequences. *Taxon* 59, 379-388.
- Biodiversitas, 2007. Revisão da Lista das Espécies da Flora e da Fauna Ameaçadas de Extinção do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Giuliatti, N., Giuliatti, A.M., Pirani, J.R., Menezes, N.L., 1987. Estudos em sempre-vivas: importancia economica do extrativismo em Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 1, 179-193.
- Giuliatti, A.M., Pirani, J.R., 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil, In: Heyer, W.R., Vanzolini, P.E. (Eds.), *Proceedings of a workshop on Neotropical Distribution Patterns*, Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, pp. 39-69.
- Giuliatti, A.M., Hensold, N., 1990. Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. *Acta Botanica Brasilica* 4, 133-158.
- Giuliatti, A.M., Hensold, N., 1991. Synonymization of the genera *Comanthera* and *Carptotepala* with *Syngonanthus* (Eriocaulaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78, 460-646.
- Giuliatti, A.M., 1997. Flora: Diversidade, distribuição geográfica e endemismos. In: Fernandes, G.W. *Serra do Cipó: Ecologia e Evolução*, UFMG, Belo Horizonte, p. 84-100.
- Giuliatti, A.M., Scatena, V.L., Sano, P.T., Parra, L.R., Queiroz, L.P.D., Harley, R.M., Menezes, N.L., Ysepon, A.M.B., Salatino, A., Salatino, M.L.F., Vilegas, W., Santos, L.C., Ricci, C.V., Bonfim, M.C.P., Miranda, E.B., 2000. Multidisciplinary studies on Neotropical Eriocaulaceae. In: Wilson, K.L., Morrison, D.A. (Eds.), *Monocots: Systematics and Evolution*. Melbourne: CSIRO, pp. 580-589.
- Mendonça, M.P., Lins, L.V., 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas & Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 157p.
- Miranda, E.B., Giuliatti, A.M., 2001. Eriocaulaceae no Morro do Pai Inácio (Palmeiras) e Serra da Chapadinha (Lençóis), Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitentibus Serie Ciencias Biologicas* 1, 15-23
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. (<http://www.mma.gov.br/sitio>; accessed 5 March 2012).
- Parra, L.R., Giuliatti, A.M., Andrade, M.J.G., van der Berg, C., 2010. Reestablishment and new circumscription of *Comanthera* (Eriocaulaceae). *Taxon* 59, 1135-1146.

Capítulo 1

Escultura do tegumento em *Comanthera* (Eriocaulaceae) e suas implicações para a taxonomia e filogenética

Leilane C. Barreto, Livia Echternacht, Queila S. Garcia

Elaborado segundo as normas da Revista Flora

Resumo

A família Eriocaulaceae Mart. distribui-se na África e nas Américas, tendo como principal centro de diversidade a Cadeia do Espinhaço, nos estados de Minas Gerais e Bahia (Brasil). O gênero *Comanthera* L.B.Sm. foi recentemente restabelecido a partir de *Syngonanthus* Ruhland, e análises filogenéticas moleculares indicam que ambos são grupos irmãos e monofiléticos. Este estudo teve como objetivo caracterizar a morfologia externa das sementes de *Comanthera* e de seus subgêneros utilizando MEV. Foram analisadas sementes de nove espécies de *Comanthera*, e comparadas com quatro espécies de *Syngonanthus* e uma espécie de *Leiothrix* Ruhland. O tegumento em *Comanthera* apresenta um padrão rugoso, causado por diferentes tipos de espessamentos das faces periclinais, o que permite separar os dois subgêneros. As sementes de *Syngonanthus* possuem um padrão reticulado e apresentam características uniformes entre as seções, não sendo possível distingui-las através da análise do tegumento. As sementes de *Leiothrix* possuem um terceiro padrão, formado por estriações. As características do tegumento observadas corroboram a divisão feita para os gêneros *Syngonanthus* e *Comanthera*, e permitem distinguir os subgêneros de *Comanthera*, apresentando assim, valor taxonômico e filogenético.

Palavras-chave: Sempre-vivas, morfologia de sementes, MEV, *Comanthera*, *Syngonanthus*, *Leiothrix*

Abstract

Eriocaulaceae is distributed by Africa and America, having as major diversity's center the Espinhaço Range, in Minas Gerais and Bahia states (Brazil). Recently, *Comanthera* L.B.Sm. was reestablished from *Syngonanthus* Ruhland, and molecular phylogenetics analyses show them as monophyletic and sister groups. This study aimed to characterize the external morphology of *Comanthera* seed coat and its subgenres using SEM. There were analyzed seeds from nine species of *Comanthera* which were compared to four species of *Syngonanthus* and one of *Leiothrix* Ruhland. *Comanthera* seed coat shows a rough pattern, caused by different types of thickening of periclinal faces, allowing us to separate the two subgenera. *Syngonanthus* seeds have a reticulated pattern and present uniform features between sections, so it's not possible distinguish them by examining the seed coat. *Leiothrix* seeds have a third pattern, consisting of striations. The observed features of the seed coat corroborate the division for the genera *Syngonanthus* and *Comanthera* and allow distinguishing *Comanthera*'s subgenus, thus presenting taxonomic and phylogenetic value.

Key words: Evergreens, seed morphology, SEM, *Comanthera*, *Syngonanthus*, *Leiothrix*

Introdução

Eriocaulaceae Mart. possui cerca de 1100 espécies, incluídas em 11 gêneros (Andrade et al., 2010), com distribuição principalmente Neotropical. Dois centros de diversidade e endemismo são reconhecidos, o mais rico, no leste do Brasil (na Cadeia do Espinhaço, nos estados de Minas Gerais e Bahia), e o segundo no escudo das Guianas (Giulietti e Pirani, 1988; Miranda e Giulietti, 2001). Estudos filogenéticos revelam que a família é monofilética (Bremer, 2002; Chase et al., 2006; Soltis et al., 2006; Unwin, 2000; Andrade et al., 2010) e sua sinapomorfia de mais fácil reconhecimento são as inflorescências em forma de capítulos. As inflorescências de muitas espécies são comercializadas como “sempre-vivas” por guardarem a aparência de estruturas vivas muitos anos depois de colhidas e secas, sendo utilizadas como ornamentais e na fabricação de artesanato (Giulietti et al., 1996; Miranda e Giulietti, 2001). Como as práticas de cultivo das espécies ainda são muito incipientes, a maior parte do comércio se baseia em extrativismo. A maioria dessas espécies pertence ao gênero *Comanthera* L.B.Sm, sendo que o extrativismo, associado ao micro-endemismo, leva muitas espécies à ameaça de extinção (Mendonça e Lins, 2000; Biodiversitas, 2007; MMA, 2008).

Recentemente, *Comanthera* foi restabelecido (Parra et al., 2010; Giulietti e Hensold, 1991) a partir de duas seções de *Syngonanthus* Ruhland, que estão agrupadas em *Comanthera* subg. *Comanthera* e *C.* subg. *Thysanocephalus* (Koern.) L.R.Parra & Giul. O gênero *Syngonanthus* foi descrito por Ruhland (1900) e duas seções são reconhecidas: *S.* sect. *Syngonanthus* e *S.* sect. *Carphocephalus* (Koern.) Ruhland (Parra e Giulietti, 1997). Análises filogenéticas moleculares recentes mostram *Syngonanthus* e *Comanthera* como grupos monofiléticos (Andrade et al., 2010) e irmãos (Trovó, 2010; Echternacht et al., submetido).

Os padrões ultraestruturais observados no tegumento de sementes sob microscopia eletrônica de varredura (MEV) têm sua relevância reconhecida e são considerados confiáveis e informativos para a elaboração de hipóteses filogenéticas e taxonômicas (Koul et al., 2000). Além da utilidade diagnóstica no nível específico, as ornamentações nos tegumentos de sementes foram registradas como parâmetros úteis para agrupamentos acima do nível de espécie, pois apresentam pouca plasticidade e variação entre indivíduos e quase sempre refletem diferenças genéticas e filogenéticas (Barthlott, 1981). Estudos recentes mostram que o tegumento de sementes pode fornecer informações importantes para ajudar a esclarecer as relações taxonômicas em determinados grupos (Akcin, 2009; Buss et al., 2001; Gontcharova et al., 2009; Khalik e Osman, 2007; Koul et al., 2000; Lu et al., 2010; Munoz-Certeno et al., 2006; Oh et al., 2008; Ozcan e Zorlu, 2009; Segarra e Mateu, 2001; Sulaiman, 1995; Whitlock et al., 2010).

Em Eriocaulaceae, o estudo do tegumento de sementes utilizando MEV foi realizado por Giulietti *et al.* (1988), avaliando padrões entre gêneros de Eriocaulaceae. Outras caracterizações para determinados gêneros foram realizadas para *Eriocaulon* L. (Nair, 1987; Phillips, 1994, 1996a, 1996b, 1997a, 1998; Davies *et al.*, 2007), *Paepalanthus* Mart. (Hensold, 1988; Kraus, 1996; Tissot-Squalli, 1997), *Syngonanthus* (Phillips, 1997b), *Actinocephalus* (Koern.) Sano (Sano, 1999), e *Comanthera* (Giulietti *et al.*, 1988; Parra, 2000). A escultura do tegumento tem fornecido características que ajudam a diferenciar espécies próximas (e.g. Phillips, 1997b; Phillips, 1998; Davies *et al.*, 2007), entretanto, as características do tegumento de *Comanthera* nunca foram descritas detalhadamente e não foram ainda exploradas procurando-se informação filogenética para diferenciar seus subgêneros. O objetivo deste estudo foi caracterizar a morfologia externa de sementes de *Comanthera* e de seus subgêneros utilizando MEV para analisar suas variações e avaliar suas informações filogenética e taxonômica.

Material e Métodos

Coleta

As sementes das 14 espécies selecionadas para este estudo são provenientes de populações naturais ocorrentes no Parque Estadual da Serra do Cabral e no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. A lista das espécies utilizadas e seus respectivos gêneros, subgêneros e seções encontra-se na Tabela 1. As identificações ao nível de espécie foram realizadas com o auxílio de literatura especializada disponível (Ruhland, 1903; Giulietti, 1984; Parra, 2000; Parra et al., 2010) e por comparação com materiais de herbário (BHCBH, SPF e P; acrônimos em Thiers et al., atualizado continuamente). Os espécimes estudados encontram-se depositados no herbário BHCB e a lista de vouchers encontra-se na Tabela 1. Foram amostradas sementes de pelo menos 20 indivíduos de cada espécie.

Material Botânico

Sementes de nove espécies de *Comanthera* foram analisadas, duas pertencentes a *C. subg. Thysanocephalus* (ca. 20 % do total de espécies descritas) e sete a *C. subg. Comanthera* (25%). Para analisar a variação das características do tegumento de acordo com as hipóteses filogenéticas atuais, visando à polarização dos caracteres, quatro espécies de *Syngonanthus*, sendo uma de *S. sect. Carphocephalus* e três de *S. sect. Syngonanthus*, além de uma espécie de *Leiothrix* Ruhland [*Leiothrix vivipara* (Bong.) Ruhland] foram amostradas.

Preparação para análise em MEV

As sementes foram mantidas em dessecador com sílica por um período de sete dias para a retirada de toda a água, o que torna possível a análise sob MEV. Os suportes de alumínio que receberam as amostras foram primeiramente cobertos com uma fina camada de cola de prata e, após a colagem das sementes, mantidos em dessecador. Para a metalização, os suportes foram colocados no compartimento de amostras do equipamento Balzers SCD 050 e submetidos a uma atmosfera de argônio com ionização de ouro, no Centro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O material foi mantido no metalizador por aproximadamente 3 minutos a uma corrente de 25 mA, o que proporcionou a deposição de uma camada de 5 nm de ouro. Os suportes de alumínio foram mantidos em dessecador até a análise, que foi realizada no Centro de Microscopia UFMG no microscópio eletrônico de varredura Quanta 200-FEG-FEI com fotodocumentação digital. As imagens obtidas foram tratadas em Photoshop Elements CS3 Editor e as pranchas montadas em Corel Drawn X3.

Descrição do tegumento

Para a descrição do tegumento das sementes, foi utilizada a terminologia proposta por Barthlott (1981) e Radford et al., (1974) e foram analisadas as seguintes características: forma e tamanho das sementes, escultura primária e escultura secundária, quando presente. Como não foram feitos cortes das sementes e na ausência de trabalhos de embriologia para *Comanthera*, optamos por não utilizar os termos “célula” e “parede” na descrição das sementes do gênero, uma vez que a visualização das estruturas sob MEV não permite identificar a origem das mesmas.

Tabela 1 Lista das espécies estudadas, seus respectivos subgêneros e seções e voucher BHCb (número de tombo no herbário).

| Espécie | Subgênero/Seção | Voucher BHCb |
|---|------------------------------|---------------------|
| <i>Syngonanthus caulescens</i> (Poir.) Ruhland | sect. <i>Carphocephalus</i> | 153710 |
| <i>Syngonanthus anthemidiflorus</i> (Bong.) L.R.Parra & Giul. | sect. <i>Syngonanthus</i> | 92873 |
| <i>Syngonanthus flaviceps</i> (Silveira) L.R.Parra & Giul. | sect. <i>Syngonanthus</i> | 153707 |
| <i>Syngonanthus verticillatus</i> (Bong.) L.R.Parra & Giul. | sect. <i>Syngonanthus</i> | 153708 |
| <i>Comanthera aciphylla</i> (Bong.) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 153715 |
| <i>Comanthera aurifibrata</i> (Silveira) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 153718 |
| <i>Comanthera bisulcata</i> (Koern.) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 153719 |
| <i>Comanthera dealbata</i> (Silveira) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 153716 |
| <i>Comanthera elegans</i> (Bong.) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 126914 |
| <i>Comanthera elegantula</i> (Ruhland) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 153714 |
| <i>Comanthera nitida</i> (Bong.) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Comanthera</i> | 153712 |
| <i>Comanthera cipoensis</i> (Ruhland) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Thysanocephalus</i> | 93628 |
| <i>Comanthera vernonioides</i> (Kunth) L.R.Parra & Giul. | subg. <i>Thysanocephalus</i> | 93625 |
| <i>Leiothrix vivipara</i> (Bong.) Ruhland | | 154000 |

Resultados

As sementes maduras de *Comanthera* medem de 0,3 a 0,8 mm e apresentam formato geralmente elíptico a oval, com importante variação na escultura da testa. As sementes de *Syngonanthus*, entretanto, apresentam a escultura com características uniformes entre as seções, de forma que não foi possível fazer distinção entre elas através da análise do tegumento. Na Tabela 2 encontram-se sumarizadas as características micromorfológicas das espécies estudadas. Em seguida, descrevemos a morfologia das sementes de *Comanthera* e de seus dois subgêneros, assim como de *Syngonanthus* e de *Leiothrix*.

Comanthera: As sementes possuem formato de oval a elíptico e em geral, o tegumento apresenta um padrão rugoso. Entretanto, a rugosidade é causada por diferentes tipos de espessamento das faces periclinais. Na região micropilar observa-se a presença de um opérculo. O tegumento varia entre as espécies, potencialmente portando informação taxonômica diagnóstica a nível específico.

Comanthera subg. Comanthera: Sementes com formato elíptico (Fig. 1A, 1B), oval (Fig. 1C, 1G, 1H, 1I) e amplamente oval (Fig. 1M) e comprimento variando entre 0,30-0,50mm. A escultura primária é caracterizada pelo padrão rugoso ondulatório, que é formado por projeções em maior ou menor grau das faces periclinais, as quais apresentam ornamentação secundária. As projeções ocorrem diferentemente em cada espécie, originando regiões côncavas e convexas ao longo do tegumento e conferindo aparências variadas a cada uma. Em *Comanthera aurifibrata* (Silveira) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1D), *C. aciphylla* (Bong.) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1E) e *C. bisulcata* (Koern.) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1F) os limites das faces periclinais são sinuosos, enquanto em *C. elegans* (Bong.) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1J), *C. dealbata* (Silveira) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1K), *C. nitida* (Bong.) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1L) e *C. elegantula* (Ruhland) L.R.Parra & Giul. (Fig. 1P), são retos. Em todas as espécies foi observada a presença de um opérculo na região micropilar (Fig. 2I), bem como estruturas esféricas que se depositam nas áreas mais côncavas e uma série de redes supracelulares mais ou menos visíveis, cujos limites não correspondem aos limites das faces anticlinais e periclinais (Fig. 2L).

Comanthera subg. Thysanocephalus: Formato das sementes oval (Fig. 1N) a amplamente elíptico (Fig. 1O), ca. 0,6 a 0,8mm de comprimento. A escultura primária possui padrão rugoso micropapilar, formado por faces anticlinais transversais e laterais com limites retos e sem projeções (Fig. 1Q, 1R). No centro das faces periclinais são encontradas micropapilas alongadas organizadas em fileiras. Na região micropilar o opérculo está presente e a face periclinial externa apresenta ornamentação secundária.

Syngonanthus: Sementes com formato oval (Fig. 2A), amplamente oval (Fig. 2B), oblongo (Fig. 2C) ou estreito-elíptico (Fig. 4B), com ca. 0,5 mm de comprimento. As paredes anticlinais e

periclinais são retas, formando células retangulares organizadas uniformemente em colunas longitudinais distintas. A escultura primária possui padrão reticulado, sendo que as faces anticlinais laterais são menores que as transversais e se projetam em maior grau (Fig. 2D, 2E, 2F, 2J). Essa junção de faces mais proeminentes com faces inconspícuas confere às sementes uma aparência em costelas (Fig. 2A, 2B, 2C, 2G). Em *Syngonanthus caulescens* (Poir.) Ruhland (Fig. 2D) e em *S. flaviceps* Silveira (Fig. 2J) não é possível distinguir o limite entre a face de uma célula e a de sua vizinha, enquanto em *S. anthemidiflorus* (Bong.) Ruhland (Fig. 2E) e em *S. verticillatus* (Bong.) Ruhland (Fig. 2K) essa distinção é possível. A face periclinal externa é lisa, com ausência de escultura secundária. É observada a presença de um opérculo na região micropilar.

Leiothrix Ruhland: Semente com formato oval (Fig. 2H) com ca. 0,5 mm de comprimento. A escultura primária possui padrão estriado, cujas estrias são formadas por projeções da face periclinal externa e se localizam nos ângulos formados pelos limites das faces anticlinais, originando colunas pouco distintas (Fig. 2K). Os limites das faces anticlinais são retos e possuem um leve espessamento, e as faces periclinais possuem a superfície lisa, com ausência de escultura secundária. Na região micropilar observa-se a presença de um opérculo.

Tabela 2 Principais características micromorfológicas utilizadas para analisar as espécies estudadas.

| | | Padrão da superfície | | | | Fases anticlinais | | Fases periclinais | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------|--------------|-------------|-------------------|------------|-------------------|--------------|-------------------------|------------------|
| | | Estriado | Reticulado | Micropapilar | Ondulatório | Inconspícuas | Projetadas | Projetadas | Inconspícuas | Ornamentação secundária | Limites sinuosos |
| Comanthera subg. Comanthera | <i>C. aciphylla</i> | | | | + | + | + | + | + | + | |
| | <i>C. aurifibrata</i> | | | | + | + | + | + | + | + | |
| | <i>C. bisulcata</i> | | | | + | + | + | + | + | + | |
| | <i>C. dealbata</i> | | | | + | + | + | + | + | | + |
| | <i>C. elegans</i> | | | | + | + | + | + | + | | + |
| | <i>C. elegantula</i> | | | | + | + | + | + | + | | + |
| | <i>C. nitida</i> | | | | + | + | + | + | + | | + |
| Comanthera subg. Thysanocephalus | <i>C. cipoensis</i> | | | + | | + | + | | | | + |
| | <i>C. vernonioides</i> | | | + | | + | + | | | | + |
| Syngonanthus sect. Carpocephalus | <i>S. caulescens</i> | | + | | | | + | + | | | + |
| Syngonanthus sect. Syngonanthus | <i>S. anthemidiflorus</i> | | + | | | | + | + | | | + |
| | <i>S. flaviceps</i> | | + | | | | + | + | | | + |
| | <i>S. verticilatus</i> | | + | | | | + | + | | | + |
| Leiothrix | <i>L. vivipara</i> | + | | | | + | + | | | | + |

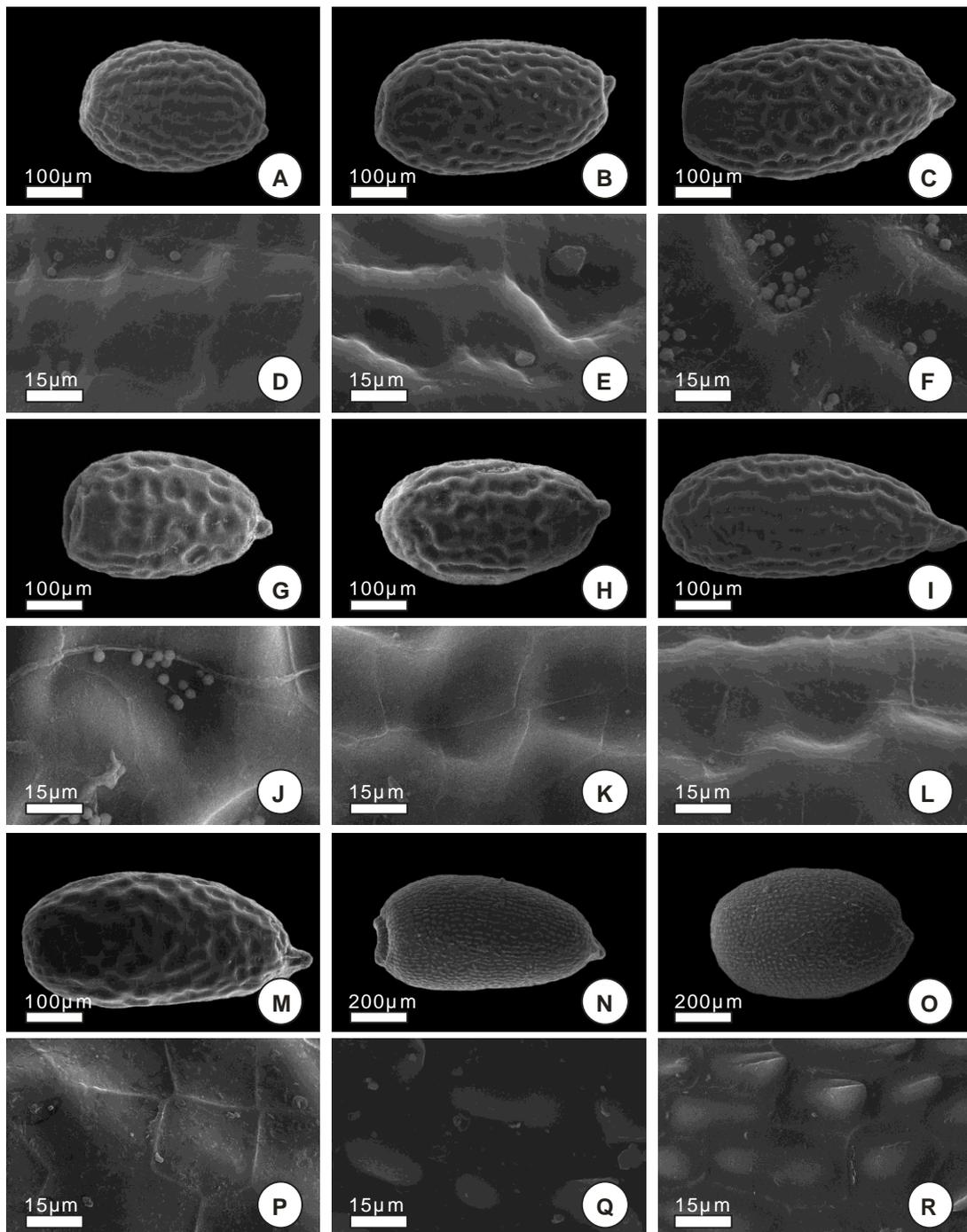


Figura 1. Escultura da testa de *Comanthera* L.B.Sm. [A-C; G-I; M-O]: Vista geral das sementes [D-F; J-L; P-R]: Detalhe do tegumento. **C. subg. *Comanthera*:** [A,D]: *C. aurifibrata*; [B,E]: *C. aciphylla*; [C,F]: *C. bisulcata*; [G,J]: *C. elegans*; [H,K]: *C. dealbata*; [I,L]: *C. nitida*; [M,P]: *C. elegantula*; **C. subg. *Thysanocephalus*:** [N,Q]: *C. vernonioides*; [O,R]: *C. cipoensis*.

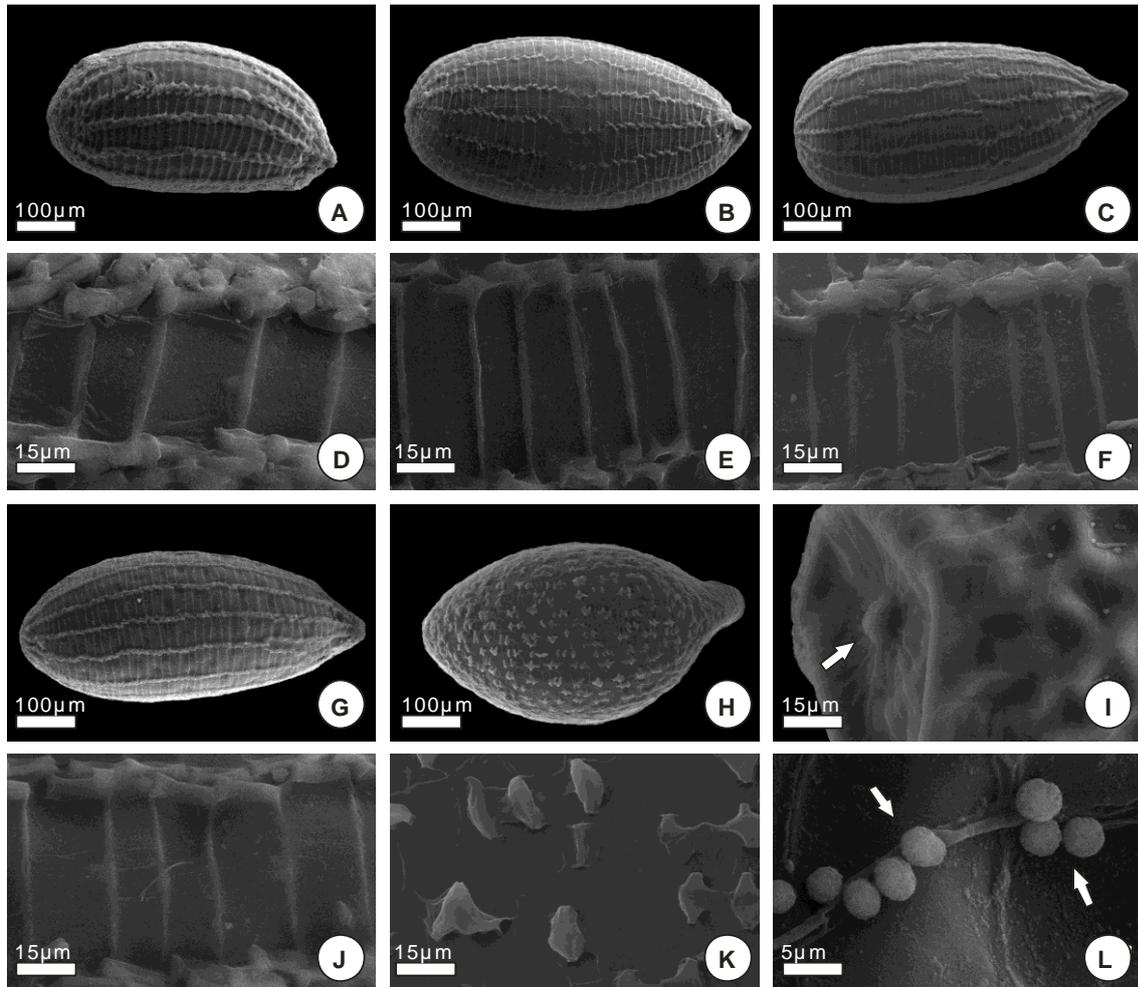


Figura 2. Escultura da testa de sementes de *Syngonanthus* e *Leiothrix* e detalhes de estruturas em *Comanthera*. [A-C; G-H]: Vista geral das sementes. [D-F; I-L]: Detalhe do tegumento. ***Syngonanthus* sect. *Carphocephalus***: [A,D]: *S. caulescens*. ***S. sect. Syngonanthus***: [B,E]: *S. anthemidiflorus*; [C,F]: *S. flaviceps*; [G,J]: *S. verticillatus*. [H, K]: *Leiothrix vivipara*. [I]: Detalhe do opérculo (seta) em *Comanthera dealbata*. [L]: Estruturas esféricas (setas) e redes supracelulares (cabeça de seta) em *C. elegans*.

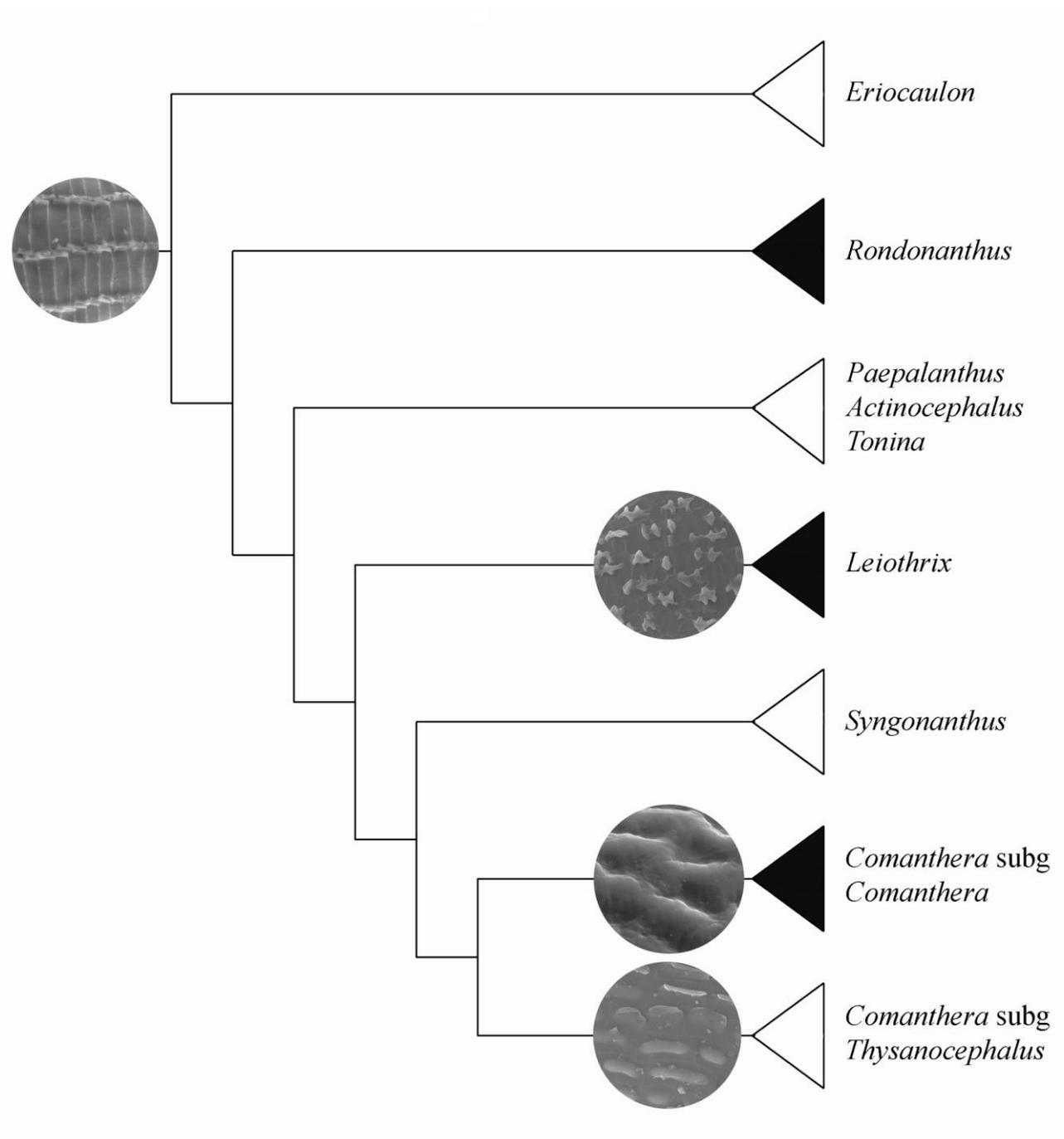


Figura 3. Ornamentação da testa de sementes de Eriocaulaceae otimizada no cladograma correspondente à análise filogenética mais recente para *Syngonanthus* e *Comanthera*, baseada nos marcadores plastidiais (*trnL-trnF* e *psbA-trnH*) e nucleares (ITS), extraído de Echternacht et al. (submetido).

Discussão

Origem, desenvolvimento e padrões da escultura da testa

O desenvolvimento da testa em sementes de Eriocaulaceae foi primeiramente observado no gênero *Eriocaulon* por Ramaswamy e Arekal (1981) e Ramaswamy et al. (1983). Os autores descrevem que o óvulo é bitegumentado, sendo cada tegumento composto por duas camadas de células. Com o amadurecimento das sementes, as células da camada externa do tegumento interno são esmagadas e se desintegram, e no tegumento externo as células da camada interna têm suas paredes espessadas, o que confere diferentes ornamentações às sementes, e a camada externa se desintegra (Ramaswamy e Arekal, 1981; Coan e Scatena, 2004; Coan et al., 2007). Embora ambos os tegumentos contribuam para a formação da testa, a principal contribuição é das camadas internas (Ramaswamy et al., 1983), pois na semente madura o tegumento é formado pela camada interna do tegumento interno, que corresponde ao endotegma, pela camada interna do tegumento externo, que corresponde à endotesta, e pelos remanescentes da camada externa deste tegumento (Ramaswamy e Arekal, 1981; Parra, 2000)

As esculturas da testa de *Comanthera* subg. *Comanthera* e de *C.* subg. *Thysanocephalus* são descritas por Parra (2000) como lisas sob o estereomicroscópio, aparecendo rugosas sob o microscópio de varredura, mas sem padrões distintos. Parra (2000) descreve que possivelmente nas sementes de *Comanthera* as paredes periclinais permanecem intactas, assim como em *Leiothrix* (Giulietti, 1984; Giulietti et al., 1987; Giulietti, 1996). Em *Leiothrix* as paredes periclinais apresentam projeções nos ângulos das células, uma a muitas projeções por célula, produzindo um aspecto estriado (Giulietti, 1984). Entretanto, esse aspecto estriado não é observado em *Comanthera*.

Nossos resultados permitiram observar ornamentações bem diferentes entre os dois subgêneros de *Comanthera*, sendo que a rugosidade observada parece ter diferentes causas entre ambos. As sementes de *C.* subg. *Thysanocephalus* exibem um padrão aqui classificado como rugoso micropapilar, formado por projeções (micropapilas) das faces periclinais, semelhantes às de *Leiothrix*, mas ao invés de ocorrerem nos ângulos, ocorrem no centro da face periclinal e são sempre solitárias. As sementes de *C.* subg. *Comanthera* exibem um padrão rugoso ondulatório que se forma devido a projeções em maior ou menor grau das faces periclinais.

As sementes de *Syngonanthus* sect. *Syngonanthus* e de *S.* sect. *Carphocephalus* exibem padrão semelhante entre si de escultura primária, conhecido como padrão reticulado. Esse padrão foi registrado por Giulietti et al. (1988) como a escultura mais frequente encontrada em Eriocaulaceae, observado também nos gêneros *Blastocaulon* Ruhland, *Lachnocaulon* Kunth, *Paepalanthus*, *Philodice* Mart. e *Tonina* Aubl. Apesar de derivações serem observadas, conforme

descrito por Giulietti et al. (1988), o mesmo padrão também é registrado em *Eriocaulon*, (Phillips, 1998; Oliveira e Bove, 2011) e *Actinocephalus* (Sano, 1999). Nesse padrão as paredes periclinais externas estão parcialmente ou completamente decompostas, e as células estão organizadas em fileiras longitudinais com as paredes anticlinais laterais mais proeminentes (Giulietti et al., 1988; Leach e Stützel, 1994).

Em *Comanthera*, mesmo observando um padrão de ornamentação do tegumento estabelecido dentro de cada subgênero, a ornamentação varia dentro de cada espécie, devido a diferentes formas de projeção das faces, principalmente em *C.* subg. *Comanthera*. Isso está em concordância com estudos prévios que detectaram variação entre espécies próximas, mas constância dentro das espécies (Nair, 1987; Leach e Stützel, 1994), sendo a variação da ornamentação do tegumento utilizada para separar espécies próximas (e.g. Phillips, 1997; Phillips, 1998; Davies et al., 2007). Em *C.* subg. *Thysanocephalus* a ornamentação das sementes se mostra constante, mas é desejável um estudo com uma amostragem mais representativa a fim de verificar essa ornamentação para as espécies do grupo como um todo.

Em todas as sementes foi observada a presença de um opérculo micropilar, já descrito para várias outras espécies de Eriocaulaceae e que corresponde a um padrão para a família (Giulietti et al., 1987; Scatena et al., 1993; Scatena e Bourman, 2001; Coan e Scatema, 2004; Coan et al., 2007). A presença do opérculo é um caráter generalizado em Eriocaulaceae e é taxonomicamente importante, sendo indício de uma proximidade com *Xyris* L. (Xyridaceae C.Agardh), onde essa estrutura é comum (Coan et al., 2007).

Implicações filogenéticas e taxonômicas

Koernicke (1863) já considerava que as espécies atualmente reconhecidas em *Comanthera* subg. *Comanthera* e *C.* subg. *Thysanocephalus* formam um grupo, assim como *Syngonanthus* sect. *Syngonanthus* e *S.* sect. *Carphocephalus*, baseado em características morfológicas, principalmente das flores. As análises filogenéticas baseadas em moléculas e em morfologia confirmam esses grupos (Giulietti et al., 2000; Andrade et al., 2010; Trovó, 2010; Echternacht et al., submetido). Inicialmente, *Syngonanthus sensu lato* (antes de ser dividido) aparecia polifilético de acordo com marcadores do cloroplasto (Andrade et al., 2010). Adicionando sequências nucleares, *Syngonanthus s.l.* se torna monofilético, o que também é corroborado pela morfologia (Trovó, 2010; Echternacht et al., submetido). Além disso, ambos os subgêneros de *Comanthera* aparecem monofiléticos e irmãos, ao passo que *Syngonanthus* sect. *Syngonanthus* aparece parafilética, com a polifilética *S.* sect. *Carphocephalus* inserida nos clados mais internos (Echternacht et al., submetido). As sinapomorfias de *Syngonanthus* e de *Comanthera* são encontradas principalmente

nos caracteres florais, correspondendo às primeiras hipóteses taxonômicas. O clado composto por *Comanthera* e *Syngonanthus* apresenta as flores pistiladas com as pétalas unidas entre si na porção mediana e livres na base e no ápice, mas em *Syngonanthus* as sépalas são maiores ou iguais às pétalas e em *Comanthera* as sépalas são menores que as pétalas (Ruhland, 1903; Andrade et al., 2010). Alternativamente aos caracteres providos pela morfologia externa, características fitoquímicas (Ricci et al., 1996), anatômicas (Scatena et al., 2005; Rosa et al., 2007), palinológicas (Borges et al., 2009) e de arquitetura (Trovó et al., 2010) vêm sendo exploradas com maior intensidade nos últimos anos, e revelam sinapomorfias para *Syngonanthus* e *Comanthera*, bem como para Eriocaulaceae em geral. No presente trabalho, mostramos que as sementes carregam informação filogenética, provendo sinapomorfias não somente para os gêneros, mas também para os táxons infra-genéricos.

Estudos filogenéticos com conjunturas de homologia relacionadas à ornamentação da testa foram realizados por Giulietti et al. (2000) e por Parra (2000). As sementes com superfícies rugosas foram apontadas como sinapomorfias de *Comanthera*, ao passo que as sementes estriadas foram apontadas como sinapomorfias de *Leiothrix* (Parra et al., 2010; Andrade et al., 2010; Echternacht et al., submetido). As sementes reticuladas, visto que estão presentes em Paepalanthoideae Ruhland e em Eriocauloideae Ruhland, representam uma plesiomorfia em *Syngonanthus*. Para averiguar se sementes reticuladas poderiam constituir uma sinapomorfia para Eriocaulaceae, seria necessário verificar o desenvolvimento e os padrões de escultura da testa na família irmã, Xyridaceae, (Bremer et al., 2002; Chase et al., 2006).

Nosso trabalho evidenciou que o tegumento da testa em *Comanthera* apresenta características que permitem separar os dois subgêneros, sendo relevante para a taxonomia e fornecendo informação filogenética. As sementes rugosas micropapilares aparecem como sinapomorfia de *Comanthera* subg. *Thysanocephalus*, ao passo que as sementes rugosas ondulatórias são sinapomorfia de *C.* subg. *Comanthera*. Entre as seções de *Syngonanthus*, entretanto, a ausência de diferença provavelmente reflete o não monofiletismo das seções. A fim de facilitar a visualização das sinapomorfias, a ornamentação da testa das sementes encontra-se otimizada no cladograma correspondendo à análise filogenética mais recente realizada para *Syngonanthus* e *Comanthera*, baseada nos marcadores plastidiais (*trnL-trnF* e *psbA-trnH*) e nucleares (ITS) (Fig. 2, extraído de Echternacht et al., submetido). O padrão reticulado, possivelmente formado pela degeneração da camada externa e pelo espessamento das paredes anticlinal lateral e transversal das células da camada interna, parece então ser o caso geral para Eriocaulaceae. A manutenção e as projeções das faces periclinal externas, como observado para *Leiothrix* e *Comanthera*, parece ter se originado independentemente.

As características da ornamentação do tegumento apresentam, portanto, valor taxonômico e filogenético, permitindo distinguir os subgêneros de *Comanthera*. Acreditamos, ainda, que essa ornamentação poderá ser informativa a nível sub-genérico dentro de outros gêneros. Estimulamos, assim, a inclusão do estudo da testa em trabalhos taxonômicos e filogenéticos em Eriocaulaceae.

Referências

- Akcin, T., 2009. Seed coat morphology of some Turkish *Campanula* (Campanulaceae) species and its systematic implications. *Biologia* 64, 1089–1094.
- Andrade, M.J.G., Giuliatti, A.M., Rapini, A., Queiroz, L.P., Conceição, A.D., Almeida, P.R.M., van den Berg, C., 2010. A comprehensive phylogenetic analysis of Eriocaulaceae: Evidence from nuclear (ITS) and plastid (psbA-trnH and trnL-F) DNA sequences. *Taxon* 59, 379–388.
- Barthlott, W., 1981. Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspects. *Nordic Journal of Botany* 1, 345–355.
- Biodiversitas, 2007. Revisão da Lista das Espécies da Flora e da Fauna Ameaçadas de Extinção do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Borges, R.L.B., Santos, F.D.R., Giuliatti, A.M., 2009. Comparative pollen morphology and taxonomic considerations in Eriocaulaceae. *Review of Paleobotany and Palinology* 154, 91–105.
- Bremer, K., 2002. Gondwanan Evolution of the Grass Alliance of Families (Poales). *Evolution* 56, 1374–1387.
- Buss, C.C., Lammers, T.G., Wise, R.R., 2001. Seed coat morphology and its systematic implications in *Cyanea* and other genera of Lobelioideae (Campanulaceae). *American Journal of Botany* 88, 1301–1308.
- Chase, M.W., Fay, M.F., Devey, D.S., Maurin, O., Ronsted, N., Davies, J. Pillon, Y., Petersen, G., Seberg, O., Tamura, M.N., Asmussen, C.B., Hilu, K., Borsch, T., Davis, J.I., Stevenson, D.W., Pires, J.C., Givnish, T.J., Sytsma, K.J., McPherson, M.M., Graham, S.W., Raí, H.S., 2006. Multi-gene analyses of monocots relationships: a summary. In: Columbus, J.T., Friar, E.A., Porter, J.M., Prince, L.M., Simpson, M.G. (Eds.), *Monocots: comparative biology and evolution*, Vol. 2. Claremont: Rancho Santa Ana Botanic Garden, pp. 63–75.
- Coan, A.I., Rosa, M.M., Scatena, V.L., 2007. Embryology and seed development of *Syngonanthus caulescens* (Poir.) Ruhland (Eriocaulaceae-Poales). *Aquatic Botany* 86, 148–156.
- Coan, A.I., Scatena, V.L., 2004. Embryology and seed development of *Blastocaulon scirpeum* and *Paepalanthus scleranthus* (Eriocaulaceae). *Flora* 199, 47–57.
- Davies, R.J.P., Craigie, A.I., Mackay, D.A., Whalen, M.A., Cheong, J.P.E., Leach, G.J., 2007. Resolution of the taxonomy of *Eriocaulon* (Eriocaulaceae) taxa endemic to Australian mound springs, using morphometrics and AFLP markers. *Australian Systematic Botany* 20, 428–447.
- Echternacht, L., P. T. Sano, C. Bonillo and J.-Y. Dubuisson, Submitted, Molecular Phylogeny of *Syngonanthus* and *Comanthera* (Eriocaulaceae): morphological and biogeographical inferences. *Taxon*.

- Giulietti, A.M., 1984. Estudos taxonômicos no gênero *Leiothrix* Ruhland. Tese, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Giulietti, N., Giulietti, A.M., Pirani, J.R., Menezes, N.L., 1987. Estudos em sempre-vivas: importancia economica do extrativismo em Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 1, 179–193.
- Giulietti, A.M., Pirani, J.R., 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil, In: Heyer, W.R., Vanzolini, P.E. (Eds.), *Proceedings of a workshop on Neotropical Distribution Patterns*, Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, pp. 39–69.
- Giulietti, A.M., Monteiro, W.R., Mayo, S.J., Stephens, J., 1988. A preliminary survey of testa sculpture in Eriocaulaceae. *Beitrage zur Biologie der Pflanzen* 62, 189–209.
- Giulietti, A.M., Hensold, N., 1991. Synonymization of the genera *Comanthera* and *Carptotepala* with *Syngonanthus* (Eriocaulaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78, 460–646.
- Giulietti, A.M., Wanderley, M.G.L., Longhi-Wagner, H.M., Pirani, J.R., Parra, L.R., 1996. Estudos em sempre-vivas: taxonomia com enfase nas especies de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 10, 328–384.
- Giulietti, A.M., Scatena, V.L., Sano, P.T., Parra, L.R., Queiroz, L.P.D., Harley, R.M., Menezes, N.L., Ysepon, A.M.B., Salatino, A., Salatino, M.L.F., Vilegas, W., Santos, L.C., Ricci, C.V., Bonfim, M.C.P., Miranda, E.B., 2000. Multidisciplinary studies on Neotropical Eriocaulaceae. In: Wilson, K.L., Morrison, D.A. (Eds.), *Monocots: Systematics and Evolution*. Melbourne: CSIRO, pp. 580–589.
- Gontcharova, S.B., Gontcharov, A.A., Yakubov, V.V., Kondo, K., 2009. Seed surface morphology in some representatives of the Genus *Rhodiola* sect. *Rhodiola* (Crassulaceae) in the Russian Far East. *Flora* 204, 17–24.
- Hensold, N.C., 1999. Eriocaulaceae. In: Berry, P.E., Yatskievych, K., Holst, B.K. (Eds.), *Flora of Venezuelan Guayana*, vol. 5, Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, pp. 1–57.
- Khalik, A.K., Osman, A.K., 2007. Seed morphology of some species of Convolvulaceae from Egypt (Identification of species and systematic significance). *Feddes Repertorium* 118, 24–37.
- Koernick, E., 1863. Eriocaulaceae. In: Martius, K.F.P., Eichler, A.W. (Eds.), *Flora Brasiliensis*. Munique, Germany, pp. 312–320.
- Koul, K.K., Nagpal, R., Raina, N., 2000. Seed Coat Microsculpturing in *Brassica* and Allied Genera (Subtribes Brassicinae, Raphaninae, Moricandiinae). *Annals of Botany* 86, 385–397.
- Kraus, J.E., Scatena, V.L., Lewinger, M.U., Trench, K.U., 1996. Morfologia externa e interna de quatro espécies de *Paepalanthus* Kunth (Eriocaulaceae) em desenvolvimento pós-seminal. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 15, 45–53.

- Leach, G., Stutzel, T., 1994. Evolutionary trends in seed coat structures in Eriocaulaceae. In: Program and abstracts of symposium and annual general meeting, Australian Systematic Botany Society Inc.: Cairns, Qld., pp. 24–25.
- Lu, L.U., Fritsch, P.W., Bush, C.M., Dong, L.N., Wang, H., Li, D.Z., 2010. Systematic implications of seed coat diversity in Gaultherieae (Ericaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 162, 477–495.
- Mendonça, M.P., Lins, L.V., 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas & Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 157p.
- Miranda, E.B., Giulietti, A.M., 2001. Eriocaulaceae no Morro do Pai Inácio (Palmeiras) e Serra da Chapadinha (Lençóis), Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitentibus Serie Ciencias Biologicas* 1, 15–23.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. (<http://www.mma.gov.br/sitio>; accessed 5 March 2012).
- Munoz-Centeno, L.M., Albach, D.C., Sanchez-Agudo, J.A., Martinez-Ortega, M.M., 2006. Systematic Significance of Seed Morphology in *Veronica* (Plantaginaceae): A Phylogenetic Perspective. *Annals of Botany* 98, 335–350.
- Nair, R., 1987. Taxonomic significance of seed coat morphology in *Eriocaulon* Linn. (Eriocaulaceae). *Seed Science Technology* 15, 297–310.
- Oh, I.C., Anderberg, A.L., Schönenberger, J., Anderberg, A., 2008. Comparative seed morphology and character evolution in the genus *Lysimachia* (Myrsinaceae) and related taxa. *Plant Systematics and Evolution* 271, 117–197.
- Oliveira, A.L.R., Bove, C.P., 2011. Two New Species of *Eriocaulon* from the Tocantins-Araguaia River Basin, Brazil. *Systematic Botany* 36, 605–609.
- Ozcan, T., Zorlu, E., 2009. A contribution to taxonomy of Turkish *Linum* based on seed surface patterns. *Biologia* 64, 723–730.
- Parra, L.R., Giulietti, A.M., 1997. Nomenclatural and taxonomic changes in Brazilian *Syngonanthus* (Eriocaulaceae). *Willdenowia* 27.
- Parra, L.R., 2000. Redelimitação e revisão de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) Ruhland - Eriocaulaceae. Ph.D. Tese, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Parra, L.R., Giulietti, A.M., Andrade, M.J.G., van der Berg, C., 2010. Reestablishment and new circumscription of *Comanthera* (Eriocaulaceae). *Taxon* 59, 1135–1146.
- Phillips, S. M., 1994. Notes on some *Eriocaulon* species from Ceylon. *Kew Bulletin* 49, 287–303.
- Phillips SM. 1995. A new species of *Eriocaulon* (Eriocaulaceae) Ceylon, with notes on some other Ceylonese species. *Kew Bulletin* 50, 733–738.

- Phillips, S. M., 1996a. Some new African taxa of *Eriocaulon*, with notes on their systematic position. Kew Bulletin 51, 625–647.
- Phillips, S. M., 1996b. *Eriocaulon schimperi* (Eriocaulaceae) and some related species in eastern Africa. Kew Bulletin 51, 333–342.
- Phillips, S.M., 1997a. The *Eriocaulon transvaalicum* complex and some other species of Eriocaulon from Africa. Kew Bulletin 52, 51–72.
- Phillips, S.M., 1997b. The genus *Syngonanthus* (Eriocaulaceae) in eastern and southern Africa. Kew Bulletin 52, 73–89.
- Phillips, S.M., 1998. Two new species of *Eriocaulon* from West Africa. Kew Bulletin 53, 943–948.
- Radford, A. E., Dickison, W.C., Massey, J.R., Bell, C.R., 1974. Vascular Plant Systematics, Harper Collins.
- Ramaswamy, S.N., Arekal, G.D., 1981. Embryology of *Eriocaulon setaceum* (Eriocaulaceae). Plant Systematics and Evolution 138, 175–188.
- Ramaswamy, S.N., Arekal, G.D., Raju, M.V.S., 1983. Developmental anatomy of seed coat and pericarp in two species of *Eriocaulon* L. (Eriocaulaceae). Bulletin of the Torrey Botanical Club 110, 287–291.
- Ricci, C.V., Patrício, M.C.B, Salatino, M.L.F, Salatino, A., Giulietti, A.M., 1996. Flavonoids of *Syngonanthus* Ruhl. (Eriocaulaceae): Taxonomic Implications. Biochemical Systematics and Ecology 24, 577–583.
- Rosa, M.M., Scatena, V.L., 2007. Floral anatomy of Paepalanthoideae (Eriocaulaceae, Poales) and their Nectariferous structures. Annals of Botany 99, 131–139.
- Ruhland, W., 1900, *Syngonanthus* In: Urban, I. (Ed.), Symbolae antillanae Berlin. Borntraeger, pp. 487–489.
- Ruhland, W., 1903. Eriocaulaceae. In: Engler, A. (Ed.), Das Pflanzenreich. vol. 13, pp. 1–293.
- Sano, P.T., 1999. Revisão de *Actinocephalus* (Koern.) Sano - Eriocaulaceae. Ph.D. Tese, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sano, P.T., 2004. *Actinocephalus* (Körn.) Sano (*Paepalanthus* sect. *Actinocephalus*), a New Genus of Eriocaulaceae, and Other Taxonomic and Nomenclatural Changes Involving *Paepalanthus* Mart. Taxon 53, 99.
- Scatena, V.L., Menezes, N.L. de, Stützel, T., 1993. Embriology and seedling development in *Syngonanthus rufipes* Silveira (Eriocaulaceae. Beitr. Biol. Pflanzen 67, 333–343.
- Scatena, V.L., Bouman, F., 2001. Embryology and Seed Development of *Paepalanthus* sect. *Actinocephalus* (Koern.) Ruhland (Eriocaulaceae). Plant Biology 3, 341–350.
- Scatena, V. L., Giulietti, A.M., Borba, E.L., van der Berg, C., 2005. Anatomy of Brazilian Eriocaulaceae: correlation with taxonomy and habitat using multivariate analyses: Plant Systematics and Evolution 253, 1–22.

- Segarra, J. G., Mateu, I., 2001. Seed morphology of *Linaria* species from eastern Spain: identification of species and taxonomic implications: *Botanical Journal of the Linnean Society* 135, 375–389.
- Soltis, D.E., Soltis, P.S., Endress, P.K., Chase, M.W., 2006. *Phylogeny and evolution of angiosperms*. Sunderland, Sinauer Associates.
- Sulaiman, I. M., 1995. Scanning Electron Microscopic Studies on Seed Coat Patterns of Five Endangered Himalayan Species of *Meconopsis* (Papaveraceae): *Annals of Botany* 76, 323–326.
- Thiers B., Continuously updated. *Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp> (accessed 13 December 2011).
- Tissot-Squalli, M.L., 1997. *Monographische Bearbeitung von Paepalanthus subgenus Platycaulon*. *Dissertationes Botanicae* 280. Berlin, Germany, Cramer, J.
- Trovó, M., Stützel, T., Scatena, V.L., Sano, P.T., 2010. Morphology and anatomy of inflorescence and inflorescence axis in *Paepalanthus* sect. *Diphyomene* Ruhland (Eriocaulaceae, Poales) and its taxonomic implications. *Flora* 205, 242–250.
- Trovó M., 2010. *Systematics of Paepalanthoideae (Eriocaulaceae): Phylogeny, morphology, and taxonomy of Diphyomene (Ruhland) Trovó*. Ph.D. Tese, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Unwin, M.M., 2000. *Molecular Systematics of the Eriocaulaceae* Martinov. Ph.D. Tese, Department of Botany, University of Miami, Oxford.
- Whitlock, B.A., Silver, J., Prince, J.S., 2010. Seed Coat Morphology in *Gentianopsis* (Gentianaceae). *Rhodora* 112, 58–79.

Capítulo 2

Efeito de luz e de giberelina exógena na germinação de sementes de *Syngonanthus* Ruhland e *Comanthera* L.B.Sm (Eriocaulaceae)

Leilane C. Barreto, Queila S. Garcia

Elaborado segundo as normas da Revista Plant Species Biology

Resumo

Sementes de diferentes espécies têm requerimentos distintos de luz para germinar, e a sinalização luminosa parece estar associada com a biossíntese e/ou a sinalização de fitormônios, principalmente as giberelinas. Este estudo foi realizado com sementes de *Syngonanthus anthemidiflorus*, *S. verticillatus* e *Comanthera bisulcata* (Eriocaulaceae), todas com requerimento absoluto de luz para germinar, e teve como objetivo verificar o efeito de diferentes períodos de luminosidade e da aplicação de giberelina na germinação das sementes. Os testes de germinação foram realizados com quatro repetições de 50 sementes, as quais foram embebidas por sete dias no escuro a 25°C e expostas a pulsos de luz branca por 8, 16, 24, 30, 36 e 48 horas e a pulsos com tempos determinados durante cinco dias (30 min, 1, 4 e 6 horas), retornando ao escuro. Os controles foram feitos com sementes mantidas sob luz branca contínua, fotoperíodo de 12 horas e escuro contínuo. Para o tratamento com giberelina, as sementes foram incubadas em solução de GA₃ a 500 e 1000mg/L na luz e no escuro, e foram também submetidas a pulsos de luz branca por 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas em placas de Petri com solução de GA₃ 1000mg/L. Os resultados mostraram que as três espécies necessitam de um longo período de exposição à luz para germinar. Para *S. anthemidiflorus* a germinação foi significativamente mais alta (14,5 a 37,5%) nos tratamentos com 30, 36 e 48h de luz, e atingiu 60% no tratamento de 6h de luz por cinco dias. Para *S. verticillatus* a maior germinabilidade obtida foi de 12,5% no tratamento de 48h de luz, e para *C. bisulcata* foi de 15,3% com 4h de luz por cinco dias. A aplicação de GA₃ não promoveu a germinação no escuro nem aumentou a germinação na luz em nenhuma das espécies. Dessa forma, longos períodos de exposição à luz são requeridos para que as espécies estudadas germinem, e nas concentrações utilizadas a giberelina não substitui a luz branca.

Palavras-chave: Pulsos de luz, giberelina, sempre-vivas, campos rupestres

Abstract

Seeds of different species have different light requirements for germination, and light signaling seems to be associated with the biosynthesis and/or hormone signaling, especially gibberellins. This study was done with *Syngonanthus anthemidiflorus*, *S. verticillatus* and *Comanthera bisulcata* (Eriocaulaceae) seeds, which have absolute light requirement to germinate, and aimed to verify the effect of different light periods and gibberellin application on seed germination. Germination tests were conducted with four replicates of 50 seeds, which were imbibed for seven days in the dark at 25°C and exposed to white light pulses for 8, 16, 24, 30, 36 and 48 hours and to pulses of determined time for five days (0.30, 1, 4 and 6h), returning to dark. The controls were made with seeds kept under continuous white light, 12h photoperiod and continuous dark. For gibberellin treatment, seeds were incubated in GA₃ solution at 500 and 1000mg/L at light and dark, and were also submitted to white light pulses for 2, 4, 6, 8, 12 and 24h in Petri dishes with solution of GA₃ 1000mg/L. Results show that the three species need a long period of light exposure to germinate. For *S. anthemidiflorus* the germination was significantly higher (14,5 to 37,5%) in treatments with 30, 36 and 48h of light, and reached 60% in the treatment of 6h of light for five days. For *S. verticillatus* the highest germination obtained was 12,5%, in the treatment of 48h of light, and for *C. bisulcata* it was 15,3% with 4h of light for five days. The application of GA₃ didn't promote the germination in darkness nor increased the germination in light in any species. Thus, long periods of light exposure are required for these species to germinate, and at the concentrations used, gibberellin doesn't replace the white light.

Key words: Light pulses, gibberellin, evergreen, rocky fields

Introdução

A luz é um importante sinal externo responsável por diversos processos do desenvolvimento em muitas espécies de plantas, entre os quais a germinação das sementes (Josse & Halliday, 2007). A capacidade de detectar diferentes aspectos do ambiente de luz permite que a semente tenha algum controle sobre quando e onde a germinação irá ocorrer (Fenner & Thompson, 2005) e assim evitar períodos e locais desfavoráveis ao estabelecimento da plântula.

Sementes de diferentes espécies têm requerimentos distintos de luz para iniciar o processo de germinação. As sementes de algumas espécies são afetadas pela exposição à luz branca por apenas alguns segundos ou minutos, enquanto outras requerem iluminação intermitente ou por longos períodos para que a germinação aconteça (Bewley & Black, 1994). A inibição da germinação no escuro é a característica mais marcante das espécies que formam banco de sementes no solo, e o requerimento de luz pode ser tanto induzido como adquirido durante o enterramento (Wolfgang, 2000).

Os fitocromos são a principal classe de fotoreceptores responsáveis pela detecção de luz pelas sementes. Os sinais luminosos recebidos pelos fitocromos são convertidos para sinais internos, como as giberelinas, que por sua vez desempenham importantes funções na germinação (Seo *et al.*, 2009). Dessa forma, a sinalização luminosa está associada com a biossíntese e/ou a sinalização de giberelinas (Josse & Halliday, 2007). A aplicação de giberelinas pode imitar o efeito da luz para estimular a germinação de sementes embebidas no escuro, o que indica, ao menos em parte, que a luz promove a germinação aumentando os níveis de GA ou alterando a sensibilidade da semente a este hormônio (Yamaguchi & Kamiya, 2001).

As Eriocaulaceae Mart. são um importante componente da vegetação da Cadeia do Espinhaço, maciço montanhoso existente no Planalto Central do Brasil que se estende de Minas Gerais à Bahia (Miranda & Giuliatti, 2001). A família possui cerca de 1100 espécies incluídas em 11 gêneros (Andrade *et al.*, 2010), e seus representantes são reconhecidos pelo hábito herbáceo e inflorescências do tipo capítulo, sendo popularmente chamadas de “sempre-vivas”, pois seus escapos florais e inflorescências conservam a aparência de estruturas vivas mesmo após destacados e secos. Por este motivo, são plantas muito comercializadas e exportadas para decoração de interiores e fabricação de artesanato (Giuliatti *et al.*, 1996; Miranda & Giuliatti, 2001). Grande parte das sempre-vivas comercializadas pertence aos gêneros *Syngonanthus* Ruhland e *Comanthera* L.B.Sm, e o extrativismo de populações naturais leva muitas espécies à ameaça de extinção (Copam, 2007; MMA, 2008).

Comanthera foi recentemente restabelecido a partir de duas seções de *Syngonanthus*, as quais atualmente estão agrupadas nos subgêneros *Comanthera* e *Thysanocephalus* (Koern.)

L.R.Parra & Giul. (Parra *et al.*, 2010; Giulietti & Hensold, 1991). Pesquisas anteriores revelaram que as sementes das espécies desses dois gêneros têm requerimento absoluto de luz para que germinação aconteça (Oliveira & Garcia, 2005; 2011), e no caso das poucas espécies que germinam no escuro, a germinabilidade é muito baixa e inferior à obtida na presença da luz (Oliveira & Garcia, 2011). Entretanto, ainda é desconhecido o tipo de resposta fisiológica dessas sementes à luz, bem como a interação entre luz e giberelina. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes períodos de luminosidade e da aplicação de giberelina na germinação de sementes de espécies dos gêneros *Syngonanthus* e *Comanthera*. A escolha das espécies foi feita com base em estudos prévios, optando-se por aquelas que germinam exclusivamente na luz e cuja germinabilidade é superior a 50% (Oliveira & Garcia, 2011).

Material e Métodos

- Área de estudo

As sementes das espécies selecionadas são provenientes de populações naturais ocorrentes no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. A Serra do Cipó localiza-se ao sul da Cadeia do Espinhaço em altitudes entre 900- 1500m, havendo predominância de campos rupestres entremeados por cerrados, matas ciliares e matas de capões (Giulietti, 1997). Possui na sua porção alta, acima de 1000m, como substrato rochoso mais comum, o quartzito, onde se desenvolve o campo rupestre (vegetação campestre formada por plantas herbáceas ou subarborescentes, com arbustos ou arvoretas esparsas). O clima da região é do tipo mesotérmico com estações seca e chuvosa bem definidas e precipitação anual em torno de 1400 mm (Giulietti, 1997; Madeira & Fernandes, 1999).

- Material botânico

Foram utilizadas sementes de *Syngonanthus anthemidiflorus*, *S. verticillatus* e *Comanthera bisulcata* (= *S. bisulcatus*) (Tab. 1). As coletas foram realizadas entre os meses de julho e setembro de 2011, quando os escapos florais portavam capítulos bem desenvolvidos e maduros, com as sementes livres. Em laboratório, os capítulos foram triturados em liquidificador, peneirados, e as sementes foram separadas com o auxílio de estereomicroscópio (Oliveira & Garcia 2005).

Tabela 1 Lista das espécies e dados de coleta das populações estudadas

| Espécie | Local/ano de coleta | Coordenadas geográficas | Altitude | Voucher BHC |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|----------|-------------|
| <i>S. anthemidiflorus</i> | Serra do Cipó/2011 | 19°20'43"S/ 43°35'30"W | 807m | 153721 |
| <i>S. verticillatus</i> | Serra do Cipó/2011 | 19°20'37"S/ 43°35'04"W | 803m | 93629 |
| <i>C. bisulcata</i> | Serra do Cipó/2011 | 19°15'25"S/ 43°32'35"W | 1378m | 116782 |

- Efeito de luz branca na germinação

Os testes de germinação foram conduzidos em placas de Petri forradas com duas camadas de papel filtro e umedecidas com solução de nistatina 2%, utilizando-se uma amostragem de quatro repetições de 50 sementes para todos os tratamentos.

Para determinar o efeito da luz branca na germinação de sementes das três espécies, estas foram inicialmente submetidas a um período de sete dias de embebição no escuro a 25°C seguidos da aplicação dos seguintes pulsos de luz branca ($30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$): 8, 16, 24, 30, 36 e 48 horas. Além destes pulsos únicos, sementes embebidas na mesma condição (escuro a 25°C) foram expostas a pulsos de luz branca com tempos determinados durante cinco dias (30 minutos, 1, 4 e 6 horas). Após o período de exposição as placas retornaram ao escuro. Os controles foram feitos com sementes mantidas sob luz branca contínua, sob fotoperíodo de 12 horas e sob escuro contínuo. As sementes mantidas no escuro foram observadas sob luz verde de segurança e o critério adotado para avaliar a ocorrência da germinação foi a protrusão da radícula (Oliveira & Garcia, 2011).

- Efeito de giberelina

Para determinar o efeito e a sensibilidade das sementes à giberelina, as sementes de cada espécie foram incubadas em 5mL de solução de GA₃ (Sigma–Aldrich; Steinheim, Germany) nas concentrações de 500 e 1000mg/L e mantidas sob escuro contínuo a 25°C durante 24h. Ao fim deste período as sementes foram transferidas para placas de Petri contendo solução de nistatina 2% e mantidas sob luz ou escuro contínuos.

Foram também realizados tratamentos unindo aplicação de pulsos de luz branca com solução de GA₃. As sementes foram colocadas em placas de Petri contendo solução de GA₃ 1000mg/L e submetidas a pulsos de luz branca de 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas. Após a exposição à luz, as placas foram transferidas para placas de Petri contendo solução de nistatina 2% e mantidas na condição de escuro a 25°C, sendo observadas diariamente sob luz verde de segurança.

- Análises estatísticas

Para ambos os experimentos foi calculada a porcentagem final de germinação (Labouriau, 1983). Os dados expressos em porcentagem foram transformados em arco seno da raiz quadrada da porcentagem, e em seguida foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe, respectivamente, realizados no software JMP (SAS

Institute Inc. 2002). Para os dados que apresentaram homogeneidade e normalidade, foi utilizada análise de variância e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no software JMP, e para os dados não homogêneos e/ou normais foi realizado o teste de Kruskal-Wallis seguido por comparação em pares pelo teste de Conover ao nível de 5% de significância (Conover, 1999) utilizando-se o software BrightStat (Stricker, 2008). Os gráficos foram elaborados no software Statistica 7.0.

Resultados

Os resultados obtidos com os testes de diferentes tempos de iluminação mostram que as três espécies estudadas necessitam de um longo período de exposição à luz para que a germinação ocorra (Tab. 2). Os tratamentos de luz contínua e fotoperíodo de 12 horas não diferiram entre si, e para as três espécies a germinabilidade mais alta foi obtida nestes tratamentos. Nenhuma das espécies germinou sob escuro contínuo (Tab. 2).

Para *S. anthemidiflorus* a germinabilidade foi nula ou muito baixa (inferior a 5%) nos tratamentos de 8 e 16 horas contínuas de luz e com pulsos de 1 e 4 horas por cinco dias (Fig. 1). Nos tratamentos com 30, 36 e 48 horas de luz a germinabilidade foi significativamente mais alta (14,5 a 37,5%), e o pulso de 6h por cinco dias resultou em germinabilidade significativamente diferente de todos os demais tratamentos (60%) (Fig. 1). As sementes de *S. verticillatus* não responderam aos tratamentos de luz por até 36h ou aos pulsos por cinco dias (germinabilidade nula ou inferior a 10%) (Fig. 2). O tratamento de 48h de luz foi o único que diferiu dos demais tratamentos de pulsos de luz, mas ainda assim a germinabilidade foi baixa (12,5%) (Tab. 2). A resposta das sementes de *Comanthera bisulcata* aos pulsos de luz não diferiu significativamente entre os tratamentos com pulsos únicos e pulsos por cinco dias (Fig. 3).

Tabela 2 Germinabilidade das três espécies estudadas em respostas aos tratamentos de pulsos de luz branca. Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si na coluna.

| Tratamento | <i>S. anthemidiflorus</i> | <i>S. verticillatus</i> | <i>C. bisulcata</i> |
|--------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
| Escuro | 0 ± 0 f | 0 ± 0 e | 0 ± 0 e |
| LC | 91 ± 2,6 a | 68 ± 11,2 a | 44,5 ± 4,3 a |
| FP 12h | 90 ± 3,6 a | 74 ± 12,5 a | 50,5 ± 8,9 a |
| 8h luz | 0 ± 0 f | 0 ± 0 e | 2,5 ± 1 cde |
| 16h luz | 2,5 ± 2,5 e | 0 ± 0 e | 2 ± 4 de |
| 30h luz | 14,5 ± 3,4 d | 3 ± 3,5 cd | 3 ± 2,6 cde |
| 36h luz | 26,5 ± 11,5 cd | 6 ± 5,2 bc | 6,5 ± 3,8 bcd |
| 48h luz | 37,5 ± 4,1 c | 12,5 ± 2,5 b | 9,5 ± 3 bc |
| 1h luz/5dias | 3 ± 1,15 e | 1,5 ± 1,9 cde | 7,5 ± 5 bcd |
| 4h luz/5dias | 4 ± 3,7 e | 0,5 ± 1 de | 15,3 ± 5,7 b |
| 6h luz/5dias | 60 ± 17,4 b | 6,5 ± 6,6 bc | 4,5 ± 3,8 bcd |

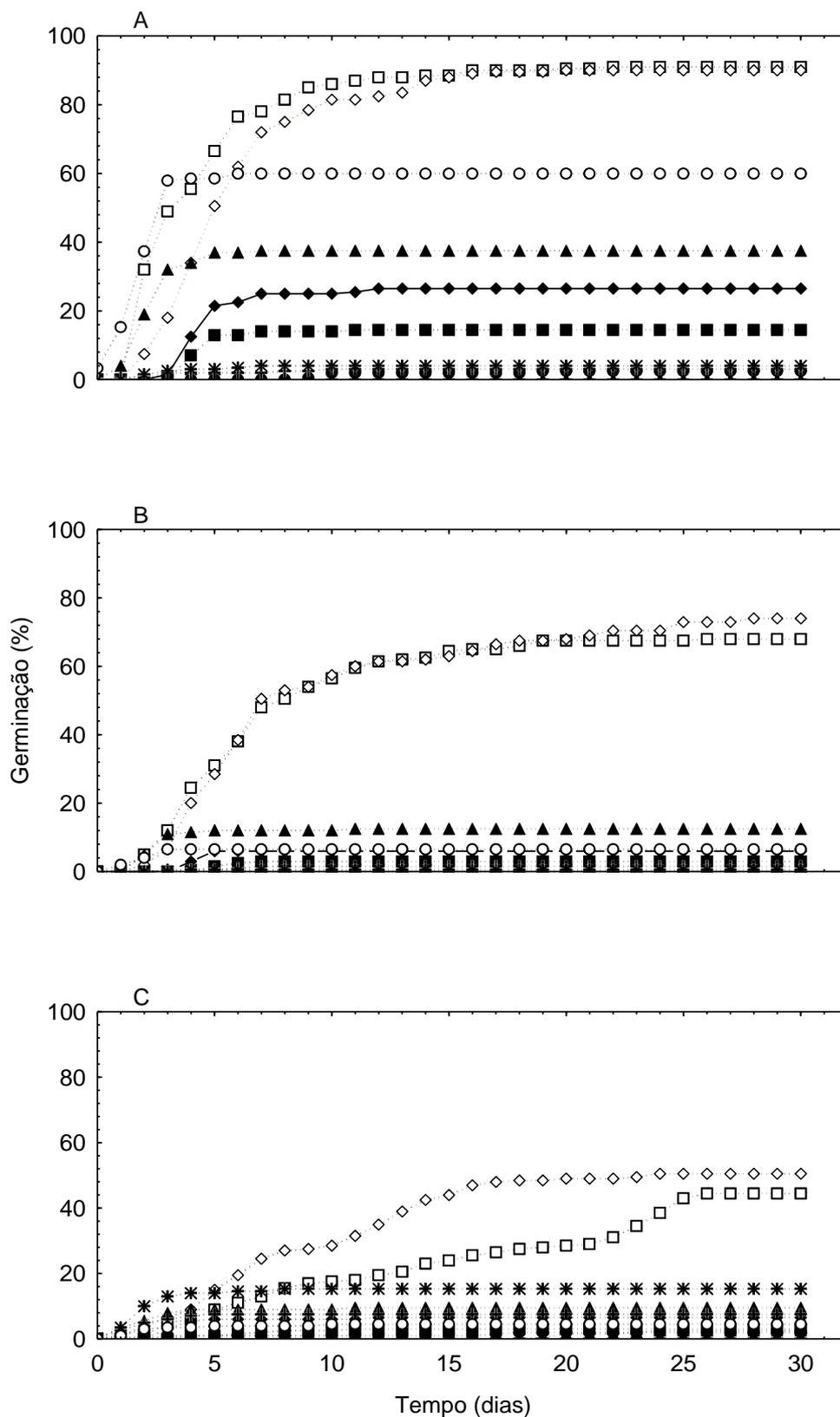


Figura 1. Porcentagem de germinação acumulada das sementes de *Syngonanthus anthemidiflorus* (A), *S. verticillatus* (B) e *Comanthera bisulcata* (C) em resposta aos tratamentos de pulsos de luz branca
 --- Escuro □ LC ◇ FP 12 △ 8h ● 16h ■ 30h * 36h ▲ 48h + 1h/5dias * 2h/5dias ◇ 6h/5dias

A germinabilidade das sementes das três espécies não foi promovida pelos tratamentos com GA₃ nas concentrações utilizadas e tampouco pela combinação de GA₃ com pulsos de luz (Tab. 3). O tratamento de 24 horas de luz branca em adição à solução de GA₃ 1000 mg/L não apresentou diferenças significativas com relação ao pulso de 24 horas de luz branca. A adição de giberelinas às sementes mantidas sob luz contínua também não promoveu aumento da germinação.

Tabela 3 Germinabilidade das três espécies estudadas em respostas aos tratamentos com GA₃. Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si na coluna.

| Tratamento | <i>S. anthemidiflorus</i> | <i>S. verticillatus</i> | <i>C. bisulcata</i> |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Escuro | 0 ± 0 d | 0 ± 0 c | 0 ± 0 c |
| LC | 91 ± 2,6 a | 68 ± 11,2 a | 44,5 ± 4,3 a |
| GA ₃ 500mg/L (luz) | 93,5 ± 2,5 a | 63 ± 6,2 a | 41 ± 10,3 a |
| GA ₃ 1000 mg/L (luz) | 89,5 ± 3 a | 59 ± 8 a | 37,5 ± 4,4 a |
| GA ₃ 500mg/L (escuro) | 0 ± 0 d | 0 ± 0 c | 0 ± 0 c |
| GA ₃ 1000 mg/L (escuro) | 0 ± 0 d | 0 ± 0 c | 0 ± 0 c |
| 2h luz + GA ₃ 1000 mg/L | 0,5 ± 1 cd | 0,5 ± 1 bc | 2,5 ± 2,5 bc |
| 4h luz + GA ₃ 1000 mg/L | 0,5 ± 1 cd | 0,5 ± 1 bc | 1,5 ± 1 bc |
| 6h luz + GA ₃ 1000 mg/L | 1 ± 1,1 cd | 0,5 ± 1 bc | 1,5 ± 1 bc |
| 8h luz + GA ₃ 1000 mg/L | 1 ± 2 cd | 1,5 ± 1,9 bc | 1 ± 1,15 bc |
| 12h luz + GA ₃ 1000 mg/L | 2,5 ± 2,5 c | 1,5 ± 1,9 bc | 0,5 ± 1 c |
| 24h luz + GA ₃ 1000 mg/L | 14,5 ± 4,4 b | 5 ± 3,5 b | 4,5 ± 3,7 b |
| 24h luz | 12,5 ± 8,06 b | 6 ± 4,32 b | 4,5 ± 1 b |

Discussão

Os resultados deste estudo confirmam que a germinação de *Syngonanthus anthemidiflorus*, *S. verticillatus* e *Comanthera bisulcata* é dependente da luz, como observado por Oliveira & Garcia (2011). Estudos realizados com espécies de Eriocaulaceae e de outras famílias de monocotiledôneas ocorrentes em campos rupestres relatam que a maior parte delas é fotoblástica positiva restrita ou apresenta maior porcentagem de germinação na presença de luz (Abreu & Garcia, 2005; Garcia & Oliveira, 2007; Oliveira & Garcia, 2005; 2011; Schmidt *et al.*, 2008).

De acordo com outros estudos, a exigência de luz para a germinação, observada nas três espécies estudadas, pode estar associada a diversos fatores: (i) o pequeno tamanho das sementes (<0,025mg de massa seca; Oliveira & Garcia, 2011) e a ocorrência das espécies em áreas abertas expostas a alta luminosidade, relatado também para outras espécies (Milberg *et al.*, 2000; Kettering *et al.*, 2006; Garcia & Oliveira, 2007), assegurando que somente sementes que estejam na superfície do solo irão germinar (Benítez-Rodríguez *et al.*, 2004; Fenner & Thompson, 2005); (ii) o desenvolvimento inicial diferenciado da plântula nestas espécies, no qual as folhas se desenvolvem antes das raízes adventícias logo após a emergência do eixo embrionário (Scatena *et al.*, 1993), uma estratégia que permite que a fotossíntese se inicie imediatamente após a germinação (Oliveira & Garcia, 2011); e (iii) o favorecimento da formação de bancos de sementes no solo (Bowers, 2000), o que foi relatado por Garcia e Oliveira (2007) para algumas espécies de Eriocaulaceae, Xyridaceae e Velloziaceae.

As sementes de todas as espécies investigadas neste estudo requerem um período longo de exposição à luz branca para a obtenção de altas porcentagens de germinação. Entretanto, a maioria das espécies fotoblásticas positivas estudadas são capazes de germinar com pulsos de luz de poucos segundos ou minutos (Scopel *et al.*, 1994; Milberg, 1997; Ohadi *et al.*, 2010; Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1990). Resultado semelhante ao obtido neste estudo foi observado por Kettering *et al.* (2006) para sementes de seis espécies de *Carex*, as quais mostraram necessitar desde muitas horas ou até semanas de exposição à luz branca para alcançar uma alta germinabilidade. Os autores sugerem que essa necessidade por longos períodos de exposição à luz indica uma adaptação a ambientes abertos onde as sementes estão expostas a alta luminosidade, o que pode ser aplicado às espécies de *Syngonanthus* e *Comanthera* investigadas.

O requerimento de luz para germinação apresentado por muitas espécies fotoblásticas pode ser superado pelo tratamento com giberelina (Thomas, 1989), aumentando significativamente a germinabilidade, como já foi verificado, por exemplo, em sementes de alface e *Arabidopsis* (Seo *et al.*, 2009), *Parthenium argentatum* (Dissanayake *et al.*, 2010) e tabaco (Leubner-Metzger, 2001). Essas observações, associadas ao fato de que em mutantes de *Arabidopsis* deficientes em GA a luz vermelha não induz a germinação (Oh *et al.*, 2006), sugerem que luz e giberelina atuam em

uma via comum e que os fitocromos promovem a germinação regulando os níveis de giberelina nas sementes (Toyomasu *et al*, 1998; Yamaguchi & Kamiya, 2001; Ogawa *et al*, 2003; Sawada *et al*, 2008; Seo *et al.*, 2009). Além de aumentar os níveis de GA, estudos têm mostrado que tratamentos utilizando irradiação de luz vermelha resultam em diminuição dos níveis endógenos de ABA, indicando que o balanço entre GA e ABA é responsável pela indução da germinação (Kraepiel *et al*, 1994; Kim *et al*, 2009; Seo *et al.*, 2006; 2009). Entretanto, embora seja comum que a giberelina exógena substitua o efeito da luz na germinação, a aplicação de GA₃, tanto na presença como na ausência de luz, não promoveu a germinação das sementes das espécies estudadas, indicando que nas concentrações utilizadas, a giberelina não substitui sua necessidade de luz. Resultados semelhantes foram obtidos por Olvera-Carrillo *et al.* (2003), Ortega-Baes e Rojas-Aréchiga (2007), Rojas-Aréchiga *et al* (2011) para algumas espécies de Cactaceae que também se mostraram indiferentes à aplicação de giberelina. Da mesma forma que acontece para Cactaceae, não é claro o efeito da giberelina na germinação das sementes de Eriocaulaceae estudadas.

Este estudo evidenciou que sementes de *S. anthemidiflorus*, *S. verticillatus* e *C. bisulcata* apresentam requerimento absoluto de luz para germinar, necessitando de longos períodos de exposição à luz branca. A necessidade de luz provavelmente está relacionada com o tamanho pequeno das sementes e sua ocorrência em áreas abertas e expostas a alta iluminação. Nenhuma das três espécies respondeu à adição de GA₃, o que indica que a giberelina exógena não substitui a necessidade de luz para a germinação, pelo menos nas concentrações utilizadas.

Referências Bibliográficas

- Abreu M.E.P.A. & Garcia Q.S. (2005) Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae) ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta botanica brasílica* **19**: 149-154.
- Andrade M.J.G., Giulietti A.M., Rapini A., Queiroz L.P., Conceição A.D., Almeida P.R.M. & van den Berg, C. (2010) A comprehensive phylogenetic analysis of Eriocaulaceae: Evidence from nuclear (ITS) and plastid (psbA-trnH and trnL-F) DNA sequences. *Taxon* **59**: 379-388.
- Benítez-Rodríguez J.L., Orozco-Segovia A., Rojas-Aréchiga, M. & Lauver, C. (2004) Light effect on seed germination of four mammillaria species from the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Central Mexico. *The Southwestern Naturalist* **49**: 11-17.
- Bewley J.D. & Black M. (1994) *Seeds. Physiology of development and germination*. New York, Plenum Press.
- Bowers, J.E. (2000) Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? *Journal of Arid Environments* **45**: 197-205.
- Conover, W. J. (1999) *Practical Nonparametric Statistics*. 3^a ed. New York, John Wiley and Sons.
- Copam. Deliberação no 085/1997. *Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais*. [homepage on the Internet] [cited 28 December 2011]. Available from URL: <http://www.biodiversitas.org.br/florabr/MG-especies-ameacadas.pdf>.
- Dissanayake P., George D.L. & Gupta, M.L. (2010) Effect of light, gibberellic acid and abscisic acid on germination of guayule (*Parthenium argentatum* Gray) seed. *Industrial Crops and Products* **32**: 111-117.
- Fenner M. & Thompson, K. (2005) *The ecology of seeds*. Cambridge, Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Garcia Q.S. & Oliveira P.G. (2007) Germination patterns and seed longevity of monocotyledons from the brazilian campos rupestres. *Seed Science and Biotechnology* **1**: 35-41.
- Giulietti A.M. & Hensold N. (1991) Synonymization of the genera *Comanthera* and *Carptotepala* with *Syngonanthus* (Eriocaulaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* **78**: 460-646.
- Giulietti A.M., Wanderley M.G.L., Longhi-Wagner H.M., Pirani J.R. & Parra L.R. (1996) Estudos em sempre-vivas: taxonomia com ênfase nas espécies de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* **10**: 328-384.
- Giulietti A.M. (1997) Flora: Diversidade, distribuição geográfica e endemismos. In: Fernandes G.W. *Serra do Cipó: Ecologia e Evolução*. UFMG, Belo Horizonte, pp. 84-100.
- Josse E. & Halliday K.J. (2007) Photoreceptor interactions with other signals. In: Whitelam G.C. & Halliday K.J. (Eds) *Light and plant development*. Edinburgh, Blackwell Publishing, pp. 235-364.

- Kettenring K.M., Gardner G. & Galatowitsch S.M. (2006) Effect of light on seed germination of eight wetland *Carex* species. *Annals of Botany* **98**: 869-874.
- Kim S., Hwang S., Lee I., Shin D., Park S., Yeo U. & Kang H. (2009) Effect of light on endogenous levels of gibberellin and abscisic acid on seed germination of photoblastic weedy rice *Oryza sativa* L. *Journal of Crop Science and Biotechnology* **12**(3): 149-152.
- Kraepiel Y., Rousselin P., Sotta B., Kerhoas L., Einhorn J., Caboche M. & Miginiac E. (1994) Analysis of phytochrome and ABA deficient mutants suggests that ABA degradation is controlled by light in *Nicotiana plumbaginifolia*. *The Plant Journal* **6**: 665-672.
- Labouriau L.G. (1983). *A germinação das sementes*. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. Washington, DC.
- Leubner-Metzger G. (2001) Brassinosteroids and gibberellins promote tobacco seed germination by distinct pathways. *Planta* **213**: 758-763.
- Madeira J.A. & Fernandes G.W. (1999) Reproductive phenology of sympatric taxa of *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* **15**: 463-479 .
- Milberg P. (1997) Weed seed germination after short-term light exposure: germination rate, photon fluence response and interaction with nitrate. *Weed Research* **37**: 157-164.
- Milberg P., Andersson L. & Thompson K. (2000) Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research* **10**: 99-104.
- Miranda E.B. & Giulietti A.M. (2001) Eriocaulaceae no Morro do Pai Inácio (Palmeiras) e Serra da Chapadinha (Lençóis), Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sistentibus Serie Ciencias Biologicas* **1**: 15-23.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente) (2008) *Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção*. [homepage on the Internet] [cited 28 December 2011]. Available from URL: <http://www.mma.gov.br/sitio>
- Ogawa M., Hanada A., Yamauchi Y., Kuwahara A., Kamiya Y. & Yamaguchi S. (2003) Gibberellin biosynthesis and response during *Arabidopsis* seed germination. *The Plant Cell* **15**: 1591-1604.
- Oh E., Yamaguchi S., Kamiya Y., Bae G., Chung W. & Choi G. (2006) Light activates the degradation of PIL5 protein to promote seed germination through gibberellin in *Arabidopsis*. *The Plant Journal* **47**: 134-139.
- Ohadi S., Rahimian-Mashhadi H., Tavakkol-Afshari R. & Beheshtian-Mesgaran, M. (2010) Modelling the effect of light intensity and duration of exposure on seed germination of *Phalaris minor* and *Poa annua*. *Weed Research* **50**: 209-217.
- Oliveira P.G. & Garcia Q.S. (2005) Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). *Acta Botanica Brasilica* **19**: 639-645.

- Oliveira P.G. & Garcia Q.S. (2011) Germination characteristics of *Syngonanthus* seeds (Eriocaulaceae) in campos rupestres vegetation in south-eastern Brazil. *Seed Science Research* **21**: 39-45.
- Olvera-Carrillo Y., Márquez-Guzmán J., Barradas V.L., Sánchez-Coronado, M.E. & Orozco-Segovia, A. (2003) Germination of the hard seed coated *Opuntia tomentosa* S.D., a cacti from the México valley. *Journal of Arid Environments* **55**: 29-42.
- Ortega-Baes P. & Rojas-Aréchiga M. (2007) Seed germination of *Trichocereus terscheckii* (Cactaceae): Light, temperature and gibberellic acid effects. *Journal of Arid Environments* **69**: 169-176.
- Parra L.R., Giulietti A.M., Andrade M.J.G. & van der Berg, C. (2010) Reestablishment and new circumscription of *Comanthera* (Eriocaulaceae). *Taxon* **59**: 1135-1146.
- Rojas-Aréchiga M., Aguilar M.K., Golubov J. & Mandujano M.C. (2011) Effect of gibberellic acid on germination of seeds of five species of cacti from the Chihuahuan Desert, northern Mexico. *The Southwestern Naturalist* **56**: 393-400.
- Sawada Y., Katsumata T., Kitamura J., Kawaide H., Nakajima M., Asami T., Nakaminami K., Kurahashi T., Mitsuhashi W., Ihoue Y. & Toyomasu T.(2008) Germination of photoblastic lettuce seeds is regulated via the control of endogenous physiologic active gibberellin content, rather than of gibberellin responsiveness. *Journal of Experimental Botany* **59**: 3383-3393.
- Scatena V.L., Menezes N.L. & Stutzel T. (1993) Embriology and seedling development in *Syngonanthus rufipes* Silveira (Eriocaulaceae). *Beiträge zur Biologie der Pflanzen* **67**: 333-343.
- Schmidt I.B., Figueiredo I.B., Borghetti F. & Scariot A. (2008) Produção e germinação de sementes de “capim dourado”, *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae): implicações para o manejo. *Acta Botanica Brasilica* **22**: 37-42.
- Scopel A.L., Ballaré C.L. & Radosevich S.R. (1994) Photostimulation of seed germination during soil tillage. *New Phytologist* **126**: 145-152.
- Seo M., Hanada A., Kuwahara A., Endo A., Okamoto M., Yamauchi Y., North H., Marion-Poll A., Sun T., Koshiha T., Kamiya Y., Yamaguchi S. & Nambara E. (2006) Regulation of hormone metabolism in Arabidopsis seeds: phytochrome regulation of abscisic acid metabolism and abscisic acid regulation of gibberellin metabolism. *The Plant Journal* **48**:354–366.
- Seo M., Nambara E., Choi G. & Yamaguchi S. (2009) Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. *Plant Molecular Biology* **69**: 463-472.
- Stricker D. (2008) BrightStat.com: Free statistics online. Computer Methods and Programs. *Biomedicine* **92**: 135-143.

- Thomas T.H. (1989) Gibberellin involvement in dormancy-break and germination of seeds of celery (*Apium graveolens* L.). *Plant Growth Regulation* **8**: 255-261.
- Toyomasu T., Kawaid H., Mitsuhashi W., Inoue Y. & Kamiya Y. (1998) Phytochrome regulates gibberellin biosynthesis during germination of photoblastic lettuce seeds. *Plant Physiology* **118**: 1517–1523.
- Vázquez-Yanes C. & Orozco-Segovia A. (1990) Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia* **83**: 171-175
- Wolfgang S. (2000) Ecology of seed dormancy and germination in sedges (*Carex*). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **3**: 67-89.
- Yamaguchi S. & Kamiya Y. (2001). Gibberellins and light-stimulated seed germination. *Journal of Plant Growth Regulation* **20**: 369-376.

Considerações finais

As características observadas da ornamentação do tegumento das sementes corroboram a recente divisão dos gêneros *Syngonanthus* e *Comanthera*, permitem distinguir os dois subgêneros de *Comanthera*, além de serem informativas a nível sub-genérico dentro de outros gêneros. Dessa forma, apresentam valor taxonômico e filogenético, o que evidencia a importância do estudo da testa em sementes de Eriocaulaceae em trabalhos desta natureza.

O estudo do efeito de luz na germinação de sementes de *Syngonanthus* e *Comanthera* evidenciou que as espécies estudadas apresentam requerimento absoluto de luz para germinar, sendo necessários longos períodos de exposição à luz branca, o que pode estar relacionado com o pequeno tamanho das sementes e sua ocorrência em áreas abertas. A adição de giberelina não promoveu a germinação no escuro nem aumentou a germinação na luz, indicando que nas concentrações utilizadas o hormônio não substituiu a necessidade de luz para a germinação.