

## Morfologia de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae

Alba Regina Pereira<sup>1</sup>, Tânia Sampaio Pereira<sup>1</sup>, Ângela Saade Rodrigues<sup>1</sup> e Antônio Carlos Silva de Andrade<sup>1,2</sup>

Recebido em 24/09/2007. Aceito em 16/04/2008

**RESUMO** – (Morfologia de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae). O estudo teve como objetivos caracterizar as sementes, fornecendo informações sobre o tipo e o tempo médio de germinação e de formação de plântulas, além de descrever a morfologia do desenvolvimento pós-seminal de seis espécies de Bromeliaceae. Os resultados mostram germinação do tipo epígea e plântulas criptocotiledonares para todas as espécies. As porcentagens máximas de germinação obtidas, acima de 80%, indicam alta qualidade fisiológica das sementes. O tempo médio de germinação e de formação de plântulas foi de 4-15 e 8-18 dias, respectivamente. As sementes são filiformes a elípticas, lisas ou com apêndices plumosos. Os caracteres morfológicos mais relevantes para a diferenciação entre gêneros e subfamílias de Bromeliaceae referem-se à forma e ao tipo de apêndices das sementes, e na forma e tamanho da bainha cotiledonar, hipocótilo e raiz primária das plântulas, subsidiando estudos taxonômicos, ecológicos e na área de tecnologia de sementes.

**Palavras-chave:** Bromelioideae, germinação, morfologia, Pitcairnioideae, Tillandsioideae

**ABSTRACT** – (Seed and post-seminal development morphology on Bromeliaceae species). The aim of this study was to characterize the seeds, providing information about germination type and seedling rate, in addition to describe the post-seminal development morphology of the six species of Bromeliaceae. The results showed that the germination is epigeal with cryptocotylar seedlings. Maximum germination percentage was over 80%, for all species, indicating high physiological quality of the seeds. Germination and seedling rate was 4-15 and 8-18 days, respectively. Seeds are filiform to elliptical, smooth or with flight apparatus. The most relevant morphological characters for distinguishing among genera and subfamilies are shape and appendices of the seeds, form and size of the cotyledonal sheath, hypocotyl and primary root, providing information on taxonomic, ecological and seed technology studies.

**Key words:** Bromelioideae, germination, morphology, Pitcairnioideae, Tillandsioideae

### Introdução

Bromeliaceae compreende 56 gêneros e, aproximadamente, 3.270 espécies (Luther 2000) divididas nas subfamílias Bromelioideae, Pitcairnioideae e Tillandsioideae, de acordo com as características florais e morfológicas dos frutos e sementes (Smith & Downs 1974; Paula & Silva 2004). Devido à grande diversidade de espécies, típica arquitetura foliar e variação morfológica, as bromélias ocupam lugar de destaque entre as plantas ornamentais comercializadas no Brasil. Entretanto, a coleta predatória de exemplares para comercialização e a depredação de seu ambiente natural são os principais responsáveis pela drástica redução ou até mesmo pela extinção de inúmeras espécies dessas plantas.

Nesse sentido, o conhecimento da morfologia das sementes e do desenvolvimento pós-seminal contribui para a diferenciação de grupos taxonômicos (Moraes &

Paoli 1999; Rosa *et al.* 2005), além de auxiliar análises de germinação e conservação de sementes (Andrade *et al.* 2003) e para estudos sobre regeneração em ecossistemas naturais (Oliveira 2001; Melo & Varela 2006), uma vez que a emergência e o estabelecimento das plântulas são estágios críticos no ciclo de vida das plantas (Melo *et al.* 2004).

Diversos trabalhos fornecem descrições morfológicas de plântulas de monocotiledôneas (Boyd 1932; Downs 1974; Tillich 1995; Tillich 2000; Tillich 2007). Para Bromeliaceae, os estudos sobre morfologia de sementes e plântulas têm aumentado nas últimas décadas (Pereira 1988; Tillich 1995; Tillich 2000; Strehl & Beheregaray 2006; Scatena *et al.* 2006; Tillich 2007), fornecendo informações importantes para diferenciação dos gêneros e das subfamílias, além do estabelecimento de um glossário relativo à terminologia do desenvolvimento inicial das plântulas (Pereira 1988).

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Laboratório de Sementes, Rua Pacheco Leão 915, Jardim Botânico, 22460-030 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Autor para correspondência: candrade@jbrj.gov.br

Na classificação das plântulas de diversas espécies de angiospermas de florestas tropicais, o tamanho, função, posição dos cotilédones, e material de reserva das sementes são atributos que estão relacionados com a morfologia inicial das plântulas e caracterizam os tipos morfo-funcionais (Garwood 1996). De acordo com Hladik & Miquel (1990) e Garwood (1996), os cinco tipos de plântulas que caracterizam o desenvolvimento pós-seminal são: fanerocotiledonar/epígea com cotilédones foliáceos (PEF); fanerocotiledonar/epígea com cotilédones de reserva (PER), fanerocotiledonar/hipógea com cotilédones de reserva (PHR), criptocotiledonar/hipógea com cotilédones de reserva (CHR) e criptocotiledonar/epígea com cotilédones de reserva (CER). Os tipos de plântulas representam uma adaptação funcional ao ambiente e estão associados a fatores ecológicos, como forma de vida da planta, capacidade de dispersão das sementes e estratégia de regeneração (Hladik & Miquel 1990; Garwood 1996; Ibarra-Manríquez *et al.* 2001).

As monocotiledôneas apresentam, de modo geral, germinação criptocotiledonar, mantendo parte do cotilédone no interior da semente, e parte dele emergindo dos tegumentos (Duke 1969). Em Bromeliaceae, a presença de bainha cotiledonar em Bromelioideae, enrijecida por feixes vasculares que protegem o eófilo contra o atrito com o substrato, está relacionada, possivelmente, com a germinação hipógea, o que não ocorre com Tillandsioideae e Pitcairnioideae, cuja germinação é epígea (Boyd 1932). No entanto, os gêneros *Aechmea*, *Quesnelia*, *Billbergia*, *Neoregelia*, *Nidularium*, *Orthophytum*, *Canistrum*, *Portea* e *Streptocalyx* (Bromelioideae) apresentam germinação epígea (Benkendan & Grob 1980). Pereira (1988) observou ambos os tipos de germinação para diversos gêneros de Bromelioideae.

Objetivou-se, no presente trabalho, caracterizar as sementes de seis espécies de Bromeliaceae, distribuídas nas três subfamílias, fornecendo informações sobre o tipo de germinação e de plântula e o tempo médio de germinação e de formação de plântulas, além de descrever a morfologia do desenvolvimento pós-seminal, visando subsidiar estudos relacionados à taxonomia, ecologia e tecnologia de sementes.

## Material e métodos

O material estudado foi listado na Tab. 1. Os frutos maduros foram coletados, beneficiados e as sementes foram armazenadas sob temperatura de 10 °C por 15 dias.

Para os experimentos de germinação, as sementes de todas as espécies foram distribuídas sobre duas camadas de papel filtro e irrigadas com 1 mL de água destilada, em quatro placas de Petri (5 cm de diâmetro), contendo 30 sementes cada. A mucilagem que envolve as sementes de Bromelioideae foi retirada para evitar a proliferação de fungos. As placas foram colocadas em germinadores nas temperaturas de 20 °C, 30 °C e 30/20 °C, com fotoperíodo de oito horas, utilizando lâmpadas fluorescentes do tipo luz do dia (4 × 20w).

A emergência da raiz primária (1 mm) foi o critério usado para a germinação, e o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado de acordo com Maguire (1962).

Para a descrição biométrica das sementes (comprimento e largura) foram escolhidas ao acaso 20 sementes de pelo menos cinco indivíduos diferentes, medidas individualmente com paquímetro digital Mitutoyo. O peso de 1.000 sementes foi determinado utilizando balança analítica de precisão (Brasil 1992).

Tabela 1. Dados de coleta, fenologia (fruto) e hábito das espécies estudadas. (\*RB/JBRJ - Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Subfamília/Espécie	Local de coleta	Registro RB/JBRJ*	Data coleta	Hábito
BROMELIOIDEAE				
<i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B. Sm.	Rio de Janeiro, RJ	183603/01 Martinelli, G.	março/abril	terrestre
BROMELIOIDEAE				
<i>Wittrockia gigantea</i> (Baker) Leme	Lima Duarte, MG	3139004 Forzza, R.C.	dezembro/janeiro	epífita
PITCAIRNIOIDEAE				
<i>Dyckia pseudococcinea</i> L.B. Sm.	Maricá, RJ	374208/02 Silva, B.R.	março/abril	rupícola
PITCAIRNIOIDEAE				
<i>Pitcairnia encholirioides</i> L.B. Sm.	Santa Maria Madalena, RJ	421901/06 Forzza, R.C.	fevereiro/março	rupícola
TILLANDSIOIDEAE				
<i>Alcantarea imperialis</i> (Carrière) Harms	Lima Duarte, MG	3202/04 Forzza, R.C.	novembro/dezembro	rupícola
TILLANDSIOIDEAE				
<i>Vriesea heterostachys</i> (Baker) L.B. Sm.	Lima Duarte, MG	3141/04 Forzza, R.C.	maio/junho	epífita

As ilustrações foram realizadas com o auxílio de estereomicroscópio óptico, equipado com câmara clara. A terminologia adotada na descrição das plântulas baseou-se em Pereira (1988) e em Tillich (2007). Os critérios estabelecidos para caracterizar a plântula normal em cada espécie foram: desenvolvimento radicular sadio, expansão total da primeira folha e aparecimento da segunda folha; e para planta jovem o aparecimento da terceira folha.

## Resultados

### 1. Subfamília Pitcairnioideae

1.1. *Pitcairnia encholirioides* (Fig. 1): as sementes são pequenas (Fig. 1a), elípticas, medem aproximadamente 2,0 mm de comprimento e 1,0 mm de largura (peso de 1.000 sementes 0,162 g), aladas (com alas membranáceas), bicaudadas, tegumento marrom avermelhado.

Do ponto de vista morfológico, a germinação iniciou-se aos 15 dias de embebição (Tab. 2), pelo rompimento dos tegumentos e protrusão da raiz primária recoberta pela coifa (Fig. 1b). Durante o desenvolvimento pós-seminal observa-se geotropismo positivo da raiz primária (Fig. 1c) e o cotilédone se eleva da superfície do substrato por alongamento do hipocótilo (Fig. 1d). As sementes recém germinadas apresentam plântulas com a raiz primária, seguida do hipocótilo (Fig. 1e, f), o colo é bem delimitado por um anel de pêlos (Fig. 1g). A plântula normal apresenta bainha cotiledonar (ou hipofilo segundo Tillich 2007) foliácea e exibe o eófilo lanceolado aos 18 dias (Fig. 1h). O hipocótilo é branco, translúcido, cilíndrico, com pêlos glandulares esparsos. A planta jovem apresenta raiz primária desenvolvida (Fig. 1i), colo bem delimitado, hipocótilo cilíndrico creme esverdeado, com raízes adventícias; bainha cotiledonar foliácea lanceolada com base profundamente fendida com folhas subseqüentes imbricadas em roseta aos 30 dias (Fig. 1j). Indumento de pêlos glandulares esparsos recobrem a lâmina foliar e o hipocótilo.

1.2. *Dyckia pseudococcinea* (Fig. 2): as sementes são pequenas (Fig. 2a), ovaladas-achatadas, discóides, medem aproximadamente 6,0 mm de comprimento e 5,0 mm de largura (peso de 1.000 sementes 0,345 g), aladas (com alas membranáceas circulares em uma das extremidades), tegumento bege amarelado.

Do ponto de vista morfológico, a germinação iniciou-se no terceiro dia de embebição (Tab. 2), com rompimento dos tegumentos e protrusão da raiz primária (Fig. 2b). As plântulas apresentam raiz primária, seguida da bainha cotiledonar aos oito dias; o colo é tenuamente delimitado por estreitamento (Fig. 2c). A plântula normal aos oito dias com bainha cotiledonar foliácea cupuliforme

exibe o eófilo (Fig. 2d). O hipocótilo é muito reduzido ou ausente (Fig. 2d). A raiz primária é curta, robusta e pilosa (Fig. 2e). A planta jovem aos 12 dias apresenta a raiz primária curta, colo delimitado por um estreitamento, hipocótilo reduzido ou ausente. A bainha cotiledonar foliácea cupuliforme com base profundamente fendida e bordos transpassados (Fig. 2f); folhas cupuliformes subseqüentes imbricadas em roseta (Fig. 2g). Indumento de pêlos glandulares recobrem toda a planta.

### 2. Subfamília Tillandsioideae

2.1. *Vriesea heterostachys* (Fig. 3): as sementes são pequenas (Fig. 3a), filiformes, medem aproximadamente 6,3 mm de comprimento e 1,0 mm de largura (peso de 1.000 sementes 0,473 g), aladas, com apêndices plumosos esbranquiçados, presentes apenas em uma das extremidades da semente, tegumento castanho amarronzado.

Do ponto de vista morfológico, a germinação iniciou-se no quarto dia de embebição (Tab. 2), com a emergência da base do cotilédone, e posteriormente desenvolveu-se a raiz primária (Fig. 3b). Durante o desenvolvimento pós-seminal o haustório é visível por transparência no interior dos restos seminais (Fig. 3c). As plântulas aos 10 dias apresentam a raiz primária recoberta pela coifa, bainha cotiledonar túrgida e hipocótilo pouco desenvolvido (Fig. 3d). A plântula normal tem bainha cotiledonar transpassada profundo fendida; eófilo e raiz primária truncadas e recobertas pela coifa (Fig. 3e, f); plantas jovens com folhas subseqüentes imbricadas em roseta (Fig. 3g) apresentam raiz primária truncada recoberta ou não pela coifa aos 20 dias (Fig. 3h).

2.2. *Alcantarea imperialis* (Fig. 4): as sementes são pequenas (Fig. 4a), filiformes, medem aproximadamente 8,7 mm de comprimento e 1,0 mm de largura (peso de 1.000 sementes 1,656 g), aladas, com apêndices plumosos esbranquiçados, presentes nas duas extremidades da semente, tegumento marrom escuro brilhoso.

Do ponto de vista morfológico, a germinação iniciou-se no sétimo dia de embebição (Tab. 2), com a emergência da base do cotilédone (Fig. 4b), e posteriormente desenvolveu-se raiz primária curta (Fig. 4c). As plântulas com 15 dias apresentam a bainha cotiledonar túrgida e raiz primária recoberta pela coifa (Fig. 4d). A plântula normal tem bainha cotiledonar ligulada profundo fendida; eófilo e raiz primária em desenvolvimento, hipocótilo pouco desenvolvido ou ausente (Fig. 4e), ou raiz primária truncada e recoberta pela coifa (Fig. 4f); plantas jovens apresentam folhas subseqüentes imbricadas em roseta podendo apresentar

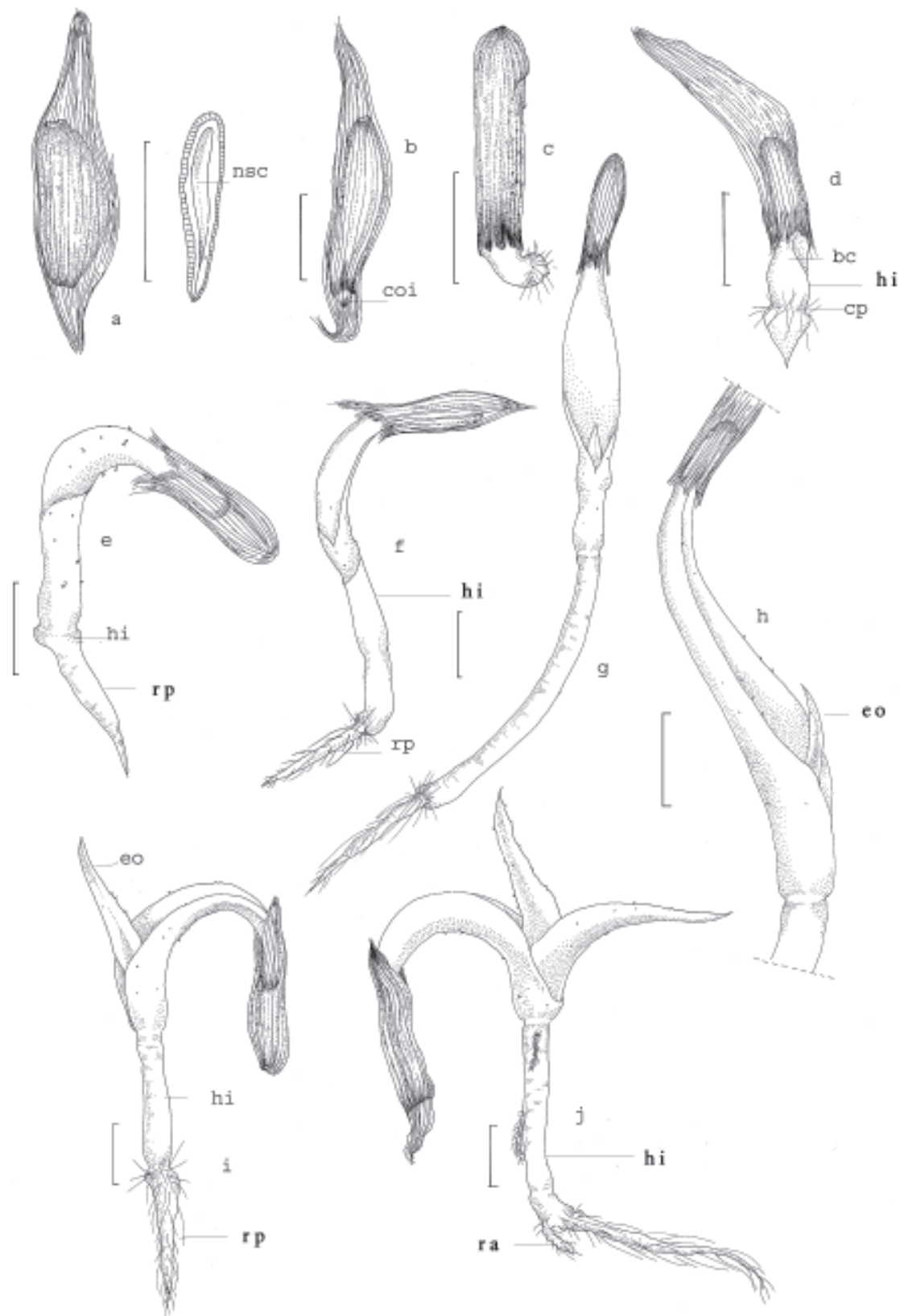


Figura 1. Morfologia da semente, do desenvolvimento pós-seminal e da plântula de *Pitcairnia encholirioides* L. B. Sm. a. Semente. b-d. Fases da germinação. e-i. Plântula normal. j. Planta jovem. nsc: núcleo seminífero central; coi: coifa; cp: colo com pêlos; bc: bainha cotiledonar; hi: hipocótilo; eo: eófilo; rp: raiz primária; ra: raiz adventícia. Barras = 1 mm.

Tabela 2. Dados sobre o desenvolvimento pós-seminal das espécies estudadas de Bromeliaceae. (\* IVG - índice de velocidade de germinação (Maguire 1962)).

Espécies	Período em dias			IVG*(1/d)	*Germinação (%)
	Germinação	Plântula normal	Planta jovem		
<i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B. Sm.	4,0	9,0	16,0	3,7	99,5 (30/20 °C)
<i>Wittrockia gigantea</i> (Baker) Leme	4,0	10,0	18,0	5,0	99,0 (30 °C)
<i>Dyckia pseudococcinea</i> L.B. Sm.	3,0	8,0	12,0	5,0	91,0 (30 °C)
<i>Pitcairnia encholirioides</i> L.B. Sm.	15,0	18,0	30,0	14,5	81,0 (30/20 °C)
<i>Alcantarea imperialis</i> (Carrière) Harms	7,0	15,0	30,0	12,3	88,0 (30/20 °C)
<i>Vriesea heterostachys</i> (Baker) L.B. Sm.	5,0	10,0	20,0	8,0	96,0 (30/20 °C)

raiz primária desenvolvida (Fig. 4g), freqüentemente truncada com pêlos junto ao colo, recoberta ou não pela coifa aos 30 dias (Fig 4h).

### 3. Subfamília Bromelioideae

3.1. *Aechmea blanchetiana* (Fig. 5): as sementes são pequenas (Fig. 5a-b), elípticas, medem aproximadamente 2,0 mm de comprimento e 1,5 mm de largura (peso de 1.000 sementes 0,098 g), lisas, sem qualquer tipo de apêndice, envolvidas numa substância mucilaginosa.

Do ponto de vista morfológico, a germinação iniciou-se no quarto dia de embebição (Tab. 2), pelo rompimento dos tegumentos (Fig. 5c) e protrusão da raiz primária. As plântulas apresentam raiz primária, seguida do hipocótilo e colo bem delimitado por anel de pêlos (Fig. 5d). A plântula normal, com bainha cotiledonar foliácea, exibe o eófilo lanceolado aos nove dias (Fig. 5e). O hipocótilo é bem reduzido na plântula, branco leitoso, cilíndrico com pêlos glandulares esparsos. A planta jovem apresenta a raiz primária desenvolvida (Fig. 5f), colo bem delimitado, hipocótilo cilíndrico creme esverdeado com raízes adventícias (Fig. 5g); bainha cotiledonar foliácea de base fendida com folhas subseqüentes imbricadas em roseta aos 16 dias (Fig. 5h). Indumento de pêlos glandulares esparsos recobrem a lâmina foliar.

3.2. *Wittrockia gigantea* (Fig. 6): as sementes são pequenas (Fig. 6a), elípticas, medem aproximadamente 1,8 mm de comprimento e 1,2 mm de largura (peso de 1.000 sementes 0,086 g), lisa, sem qualquer tipo de apêndice, envolvidas numa substância mucilaginosa.

Do ponto de vista morfológico, a germinação iniciou-se no quarto dia de embebição (Tab. 2), pelo rompimento dos tegumentos e protrusão da raiz primária (Fig. 6b, d). As plântulas apresentam raiz primária e bainha cotiledonar aos dez dias. Colo estreitado (Fig. 6e). A plântula normal com bainha cotiledonar subcarnosa exibe o eófilo largo-lanceolado apiculado (Fig. 6f). O hipocótilo é bem reduzido ou inexistente na plântula. A planta jovem aos 18 dias apresenta a raiz primária

desenvolvida longa, robusta e pilosa (Fig. 6g), colo delimitado por um estreitamento suave (Fig. 6h), bainha cotiledonar subcarnosa de base inteira com folhas subseqüentes imbricadas em roseta. Indumento de pêlos glandulares esparsos recobrem a lâmina foliar e a bainha cotiledonar (Fig. 6i-j).

## Discussão

As espécies de Bromeliaceae aqui estudadas apresentam cotilédones que se elevam acima do nível do substrato durante o alongamento do hipocótilo. Apenas as espécies de Tillandsioideae, *Alcantarea imperialis* e *Vriesea heterostachys*, não apresentaram hipocótilo desenvolvido. Entretanto, todas as espécies foram caracterizadas como germinação epígea.

Segundo Boyd (1932), as características que condicionam a germinação epígea em Bromeliaceae estão relacionadas com a tendência ao epifitismo e a ausência ou rara presença de feixes vasculares na bainha cotiledonar. Além desses fatores, a maioria das espécies de bromélias estudadas (Mercier & Guerreiro Filho 1990; Benzing 2000) apresenta exigência de luz para a germinação das sementes.

Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com Pereira (1988), pois a germinação epígea também foi encontrada em algumas espécies de *Aechmea*, *Quesnelia*, *Billbergia*, *Neoregelia*, *Nidularium*, *Orthophytum*, *Canistrum*, *Portea* e *Streptocalyx*, pertencentes à subfamília Bromelioideae.

Observou-se que para as espécies de Bromelioideae e Pitcairnioideae a germinação iniciou-se com o rompimento do tegumento e protrusão da raiz primária, enquanto que para as espécies de Tillandsioideae a germinação iniciou-se com a emergência da base do cotilédone, e posteriormente desenvolveu-se a raiz primária. Scatena *et al.* (2006) observaram para espécies de *Tillandsia* que a primeira estrutura que emergiu durante a germinação foi o cotilédone haustorial, sem o crescimento da raiz primária.

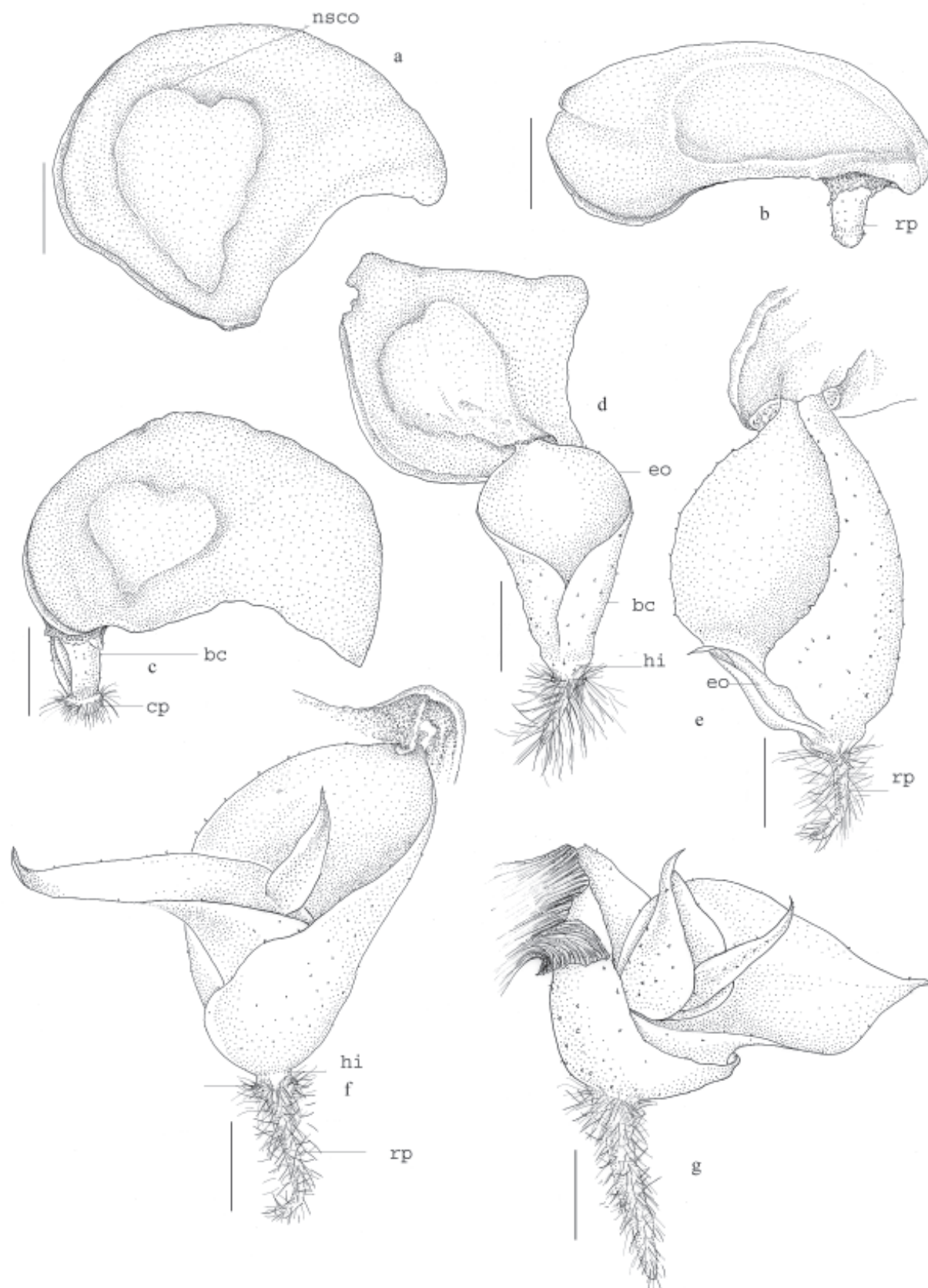


Figura 2. Morfologia da semente, do desenvolvimento pós-seminal e da plântula de *Dyckia pseudococcinea* L. B. Sm. a. Semente. b-c. Fases da germinação. d-e. Plântula normal. f-g. Planta jovem. nsco: núcleo seminífero cordiforme; cp: colo com pêlos; co: colo; bc: bainha cotiledonar; hi: hipocótilo; eo: eófilo; rp: raiz primária. Barras = 1 mm.

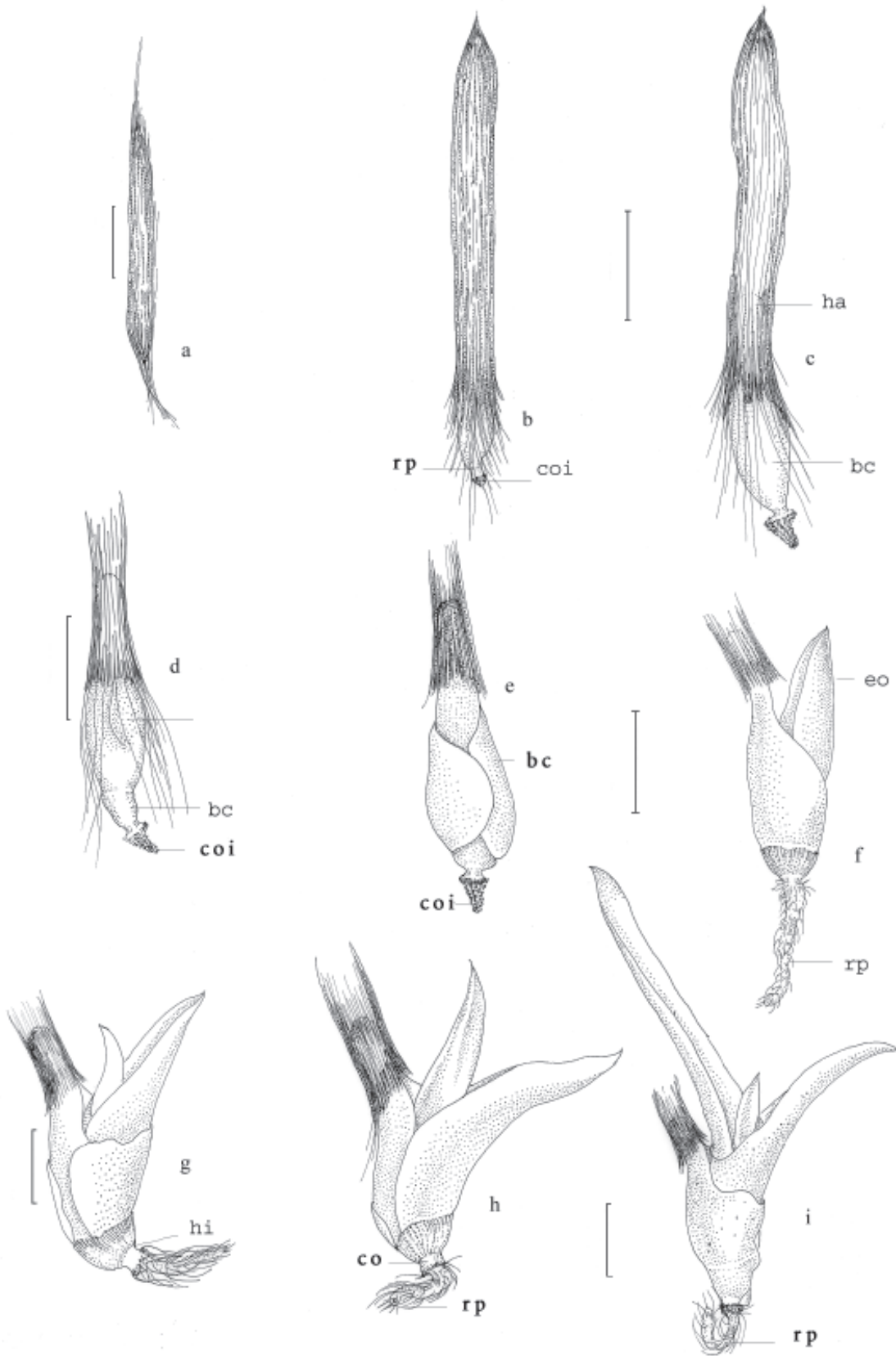


Figura 3. Morfologia da semente, do desenvolvimento pós-seminal e da plântula de *Vriesea heterostachys* (Baker) L.B. Sm. a. Semente. b-d. Fases da germinação. e-f. Plântula normal. g-i. Planta jovem. coi: coifa; ha: haustório; co: colo; bc: bainha cotiledonar; hi: hipocótilo; eo: eófilo; rp: raiz primária. Barras = 1 mm.

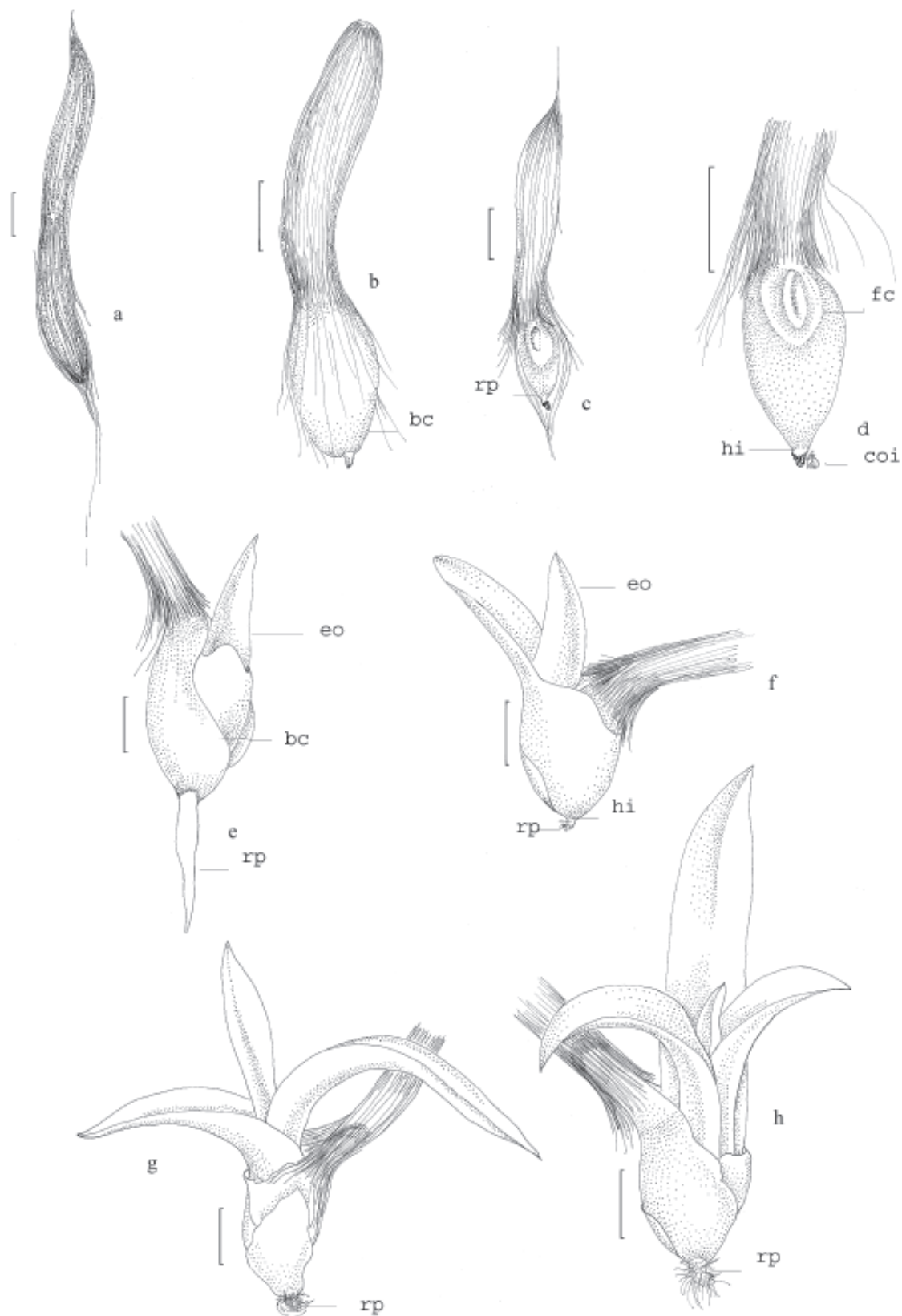


Figura 4. Morfologia da semente, do desenvolvimento pós-seminal e da plântula de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms. a. Semente. b-d. Fases da germinação. e-f. Plântula normal. g-h. Planta jovem. coi: coifa; bc: bainha cotiledonar; fc: fenda cotiledonar; hi: hipocótilo; eo: eófilo; rp: raiz primária. Barras = 1 mm.



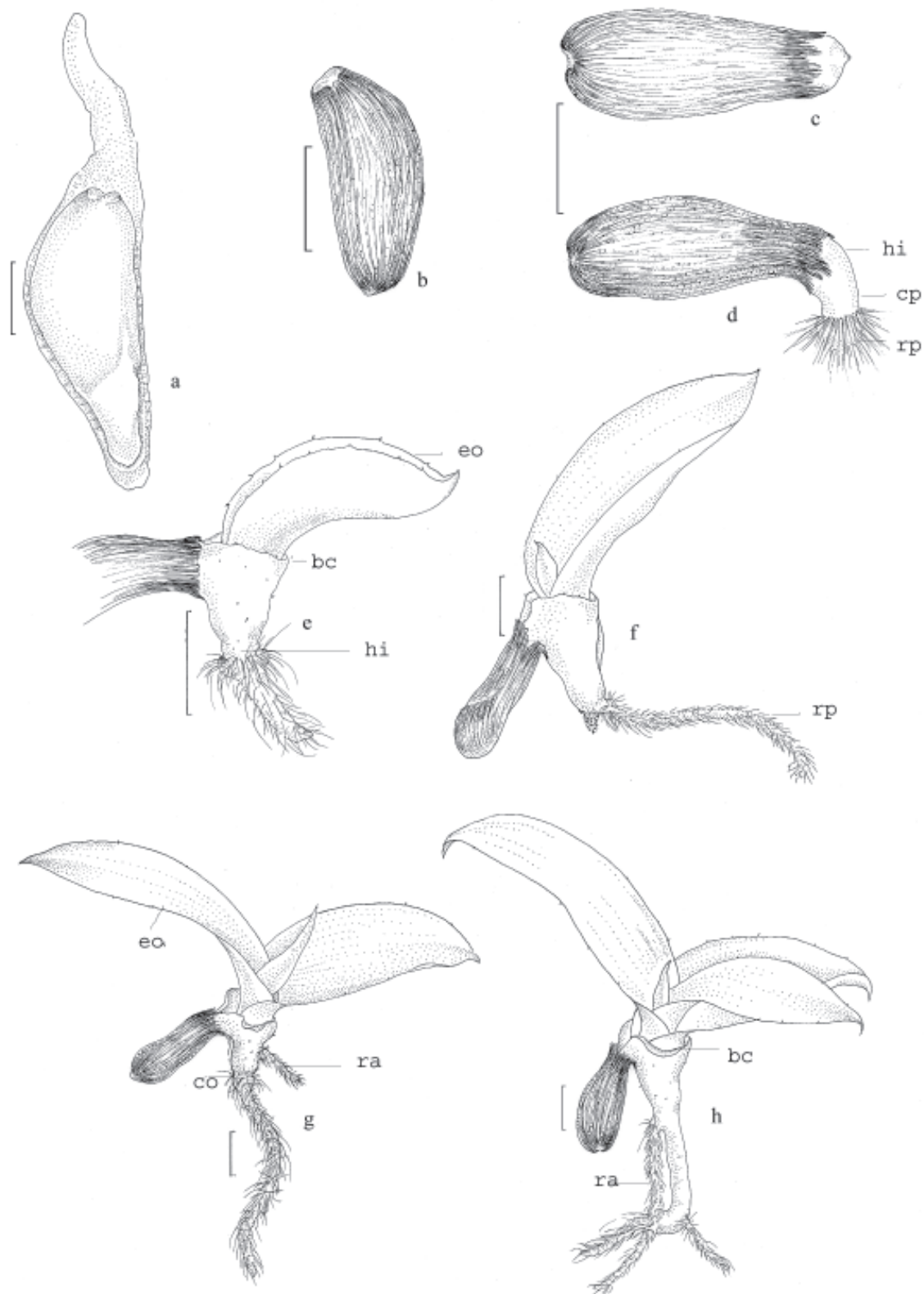


Figura 5. Morfologia da semente, do desenvolvimento pós-seminal e da plântula de *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B. Sm. a-b. Semente. c-d. Fases da germinação. e-f. Plântula normal. g-h. Planta jovem. bc: bainha cotiledonar; cp: colo com pêlos; hi: hipocótilo; eo: eófilo; rp: raiz primária; ra: raiz adventícia. Barras = 1 mm.

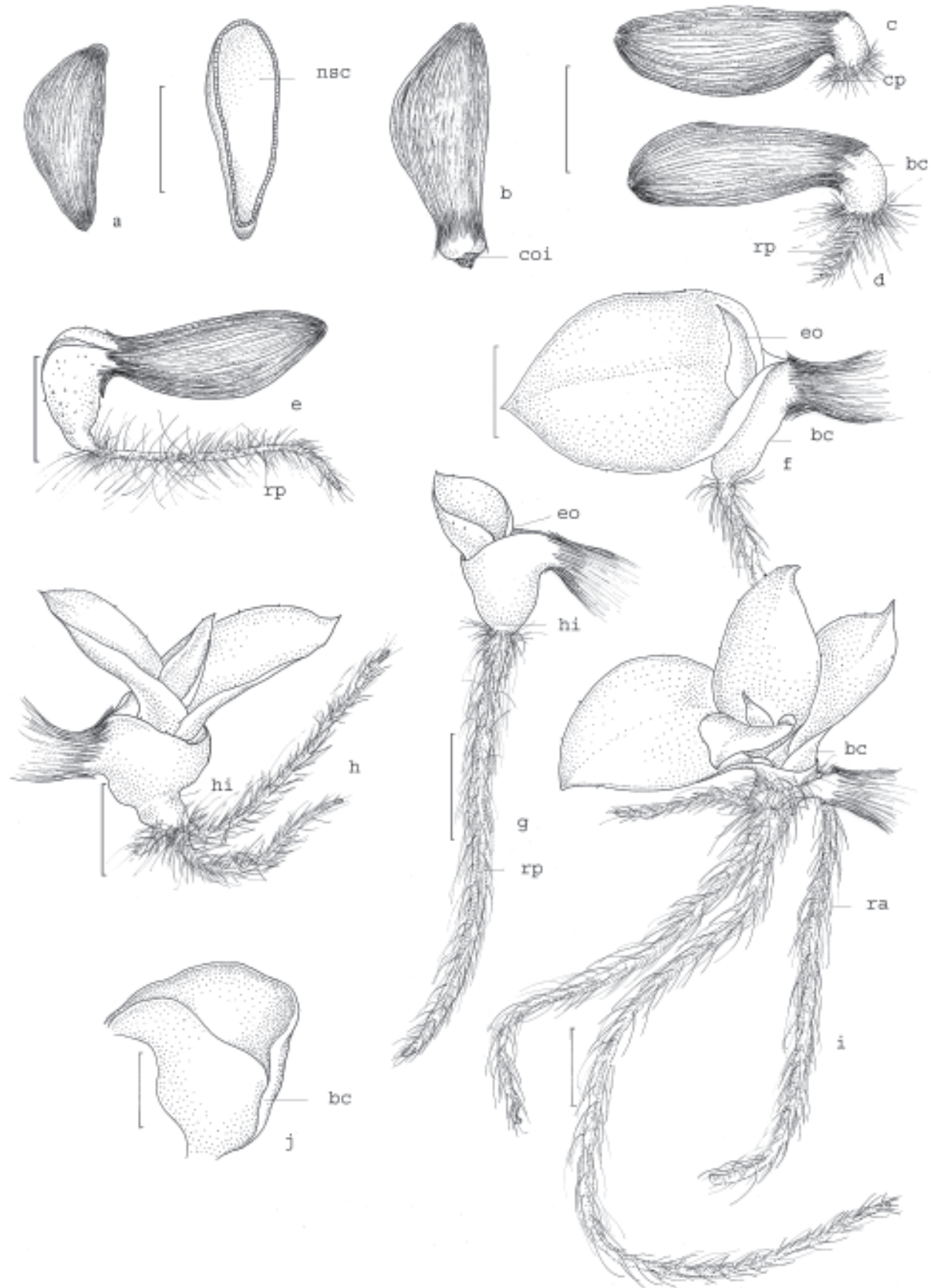


Figura 6. Morfologia da semente, do desenvolvimento pós-seminal e da plântula de *Wittrockia gigantea* (Baker) Leme. a. Semente. b-d. Fases da germinação. e-g. Plântula normal. h-i. Planta jovem. j. Detalhe da roseta foliar. nsc: núcleo seminífero central; coi: coifa; cp: colo com pêlos; bc: bainha cotiledonar; hi: hipocótilo; eo: eófilo; rp: raiz primária; ra: raiz adventícia. Barras = a-i: 1 mm; j: 0,5 mm.

Devido ao epifitismo, a maioria das espécies de Tillandsioideae apresenta raízes rudimentares ou ausentes e estão relacionadas à fixação das plantas nas árvores, sendo os tricomas foliares muito eficientes na absorção de água e nutrientes (Benzing 2000). Em contrapartida, espécies rupícolas e terrestres desenvolvem considerável volume de raízes funcionais (Paula & Silva 2004). Segundo Benzing (2000), diversas monocotiledôneas, por exemplo, as bromélias e orquídeas, produzem dois tipos de raízes: raízes especializadas na absorção e as raízes especializadas na fixação. As estruturas das raízes são semelhantes, no entanto, a função difere com a localização e o hábito de crescimento da planta.

O cotilédone presente em Bromeliaceae não se desprende do tegumento da semente, mantendo o haustório no interior dos restos seminiais, originando assim, uma plântula criptocotiledonar. Segundo Garwood (1996), o cotilédone haustorial é responsável pela absorção e transferência de reservas do endosperma para o crescimento da plântula, e é classificado em duas formas: se os cotilédones eventualmente emergem e se tornam fotossintetizantes, são considerados foliáceos; se os cotilédones são especializados em órgãos haustoriais e não emergem da semente, são classificados como cotilédones de reserva.

Tillich (2007) em sua ampla revisão da terminologia da germinação de representantes de Poales (Monocotiledoneae), afirma que o termo criptocotiledonar se aplica fortemente a essas plântulas, pois o cotilédone é parte foliáceo, emergindo dos restos seminiais através da liberação da bainha cotiledonar; parte haustorial, permanecendo no interior dos tegumentos e mantendo contato com o tecido de reserva.

O tipo de plântula observado para as espécies de Bromeliaceae aqui estudadas foi criptocotiledonar/epígea com cotilédone de reserva (CER), segundo a classificação de Garwood (1996).

O tipo de plântula CER é incomum e não tem sido descrito ou reportado para a maioria das famílias botânicas investigadas, oriundas de florestas tropicais dos continentes americano, asiático e africano. No entanto, os estudos apresentaram espécies de lianas (Hippocrateaceae e Loganiaceae) e espécies arbóreas (Euphorbiaceae, Annonaceae, Rubiaceae e Ebenaceae) com plântulas CER (Garwood 1996).

Apesar das espécies estudadas de Bromeliaceae apresentarem formas de vida diferentes (epífitas, terrestres e rupícolas), todas possuem o mesmo tipo de plântula. Ibarra-Manríquez *et al.* (2001) estudando 210 espécies da floresta úmida mexicana, verificaram que apenas 2,4% das espécies apresentaram plântulas CER. Em relação à frequência de tipos de plântulas entre

formas de vida diferentes, esses autores não encontraram diferenças significativas entre espécies de lianas e arbóreas.

A igualdade do tipo de plântula entre as espécies de Bromeliaceae, oriundas de diferentes localidades, com condições ambientais distintas (luminosidade, temperatura e disponibilidade de água), provavelmente, pode ser devido a uma similar pressão de seleção agindo na morfologia e no estabelecimento das plântulas.

Estudos de Ibarra-Manríquez *et al.* (2001) demonstraram relativa frequência de famílias compostas de espécies com o mesmo tipo de plântulas (Arecaceae, Lauraceae e Piperaceae) ou o mesmo tipo dominante (Euphorbiaceae, Rubiaceae ou Sapotaceae). De acordo com Garwood (1996), análises taxonômicas mostraram que o tipo de plântula é uma característica evolucionária conservativa, com forte inércia filogenética para gêneros e famílias, sugerindo a existência de alto grau de convergência evolucionária entre distantes táxons.

Em relação à descrição do desenvolvimento pós-seminal, as subfamílias Pitcairnioideae, Bromelioideae e Tillandsioideae apresentaram diferenças morfológicas marcantes entre si e peculiares aos gêneros.

O padrão de desenvolvimento pós-seminal obtido no presente estudo para as subfamílias de Bromeliaceae corroboram com os encontrados por Tillich (2007). Segundo esse autor, Bromelioideae apresenta bainha cotiledonar curta, hipocótilo bem reduzido ou inexistente na plântula e a raiz primária cresce moderadamente em comprimento. Em Pitcairnioideae a bainha cotiledonar é extensa, o hipocótilo é evidentemente alongado e a raiz primária é medianamente desenvolvida. Para Tillandsioideae a bainha cotiledonar apresenta-se com tamanho mediano, o hipocótilo é pouco desenvolvido e há forte tendência da raiz primária ser reduzida ou ausente.

Entre os seis gêneros estudados, as diferenças morfológicas mais evidentes foram encontradas nas sementes, que apresentaram formatos filiformes a elípticos, desprovidas ou não de apêndices; na forma da bainha cotiledonar foliácea (lanceolada a cupuliforme); no hipocótilo (evidente ou ausente); e na raiz primária das plântulas, podendo apresentar raízes truncadas ou muito desenvolvidas.

A dispersão de sementes representa uma fase extremamente importante do ciclo reprodutivo das plantas, sendo crucial na regeneração de populações e comunidades naturais (Janzen 1988). As sementes possuem frequentemente adaptações facilitadoras da dispersão, bastante evidentes em sua morfologia. O conhecimento da morfologia das sementes nos permite relacioná-las com seus agentes dispersores (Almeida-Cortez 2004) e diferenciar grupos taxonômicos (Scatena *et al.* 2006).

Segundo Varadarajan & Gilmartin (1988) e Scatena *et al.* (2006), as sementes de Bromelioideae apresentam mucilagem envolvendo o tegumento; enquanto que as sementes de Pitcairnioideae e Tillandsioideae apresentam alas membranáceas e apêndices plumosos, respectivamente. Os resultados aqui obtidos corroboram com as características morfológicas das sementes encontradas por esses autores. As sementes de Pitcairnioideae e Tillandsioideae são pequenas, leves e apresentam adaptações morfológicas que aumentam a razão superfície/volume, reduzindo a velocidade de queda (Paula & Silva 2004). Geralmente, utilizam as correntes de ar para o transporte, em períodos secos do ano, facilitando a dispersão dessas sementes dentre as fendas das rochas, onde encontram condições ideais de germinação. Os apêndices plumosos auxiliam a fixação das sementes em troncos e cascas de árvores garantindo o sucesso de sua dispersão (Van der Pijl 1982; Benzing 2000; Scatena *et al.* 2006).

As sementes de Bromelioideae são pequenas, leves, desprovidas de apêndices, elípticas, com tegumento amarelo-alaranjado e envoltas por mucilagem. A mucilagem auxilia a fixação das sementes em locais apropriados para germinação. Os principais agentes dispersores são aves, sendo as sementes dispersas por maiores distâncias (Paula & Silva 2004).

Embora a dormência de sementes tenha fundamental importância para a perpetuação e o estabelecimento de muitas espécies vegetais nos mais variados ambientes (Zaidan & Barbedo 2004), para a produção de mudas de bromélias em viveiros, visando sua reintrodução em ambientes degradados ou para comercialização, a ausência de dormência nas sementes se mostra interessante sobre o aspecto prático, reduzindo o tempo gasto no processo de produção de mudas. Além desse aspecto, a dormência induziria desuniformidade entre as mudas (Zamith & Scarano 2004).

Quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG), as sementes estudadas foram classificadas em: rápidas, *A. blanchetiana*, *W. gigantea* e *D. pseudococcinea* (tempo médio < 7 dias); intermediárias, *A. imperialis* e *V. heterostachys* (tempo médio > 7 < 14 dias) e lentas, *P. encholirioides* (tempo médio > 14 dias). Deve-se destacar que as espécies classificadas em rápidas são pertencentes a Bromelioideae, exceto *D. pseudococcinea* (Pitcairnioideae); as espécies intermediárias e lentas pertencem a Tillandsioideae e Pitcairnioideae, respectivamente. Pereira (1988) obteve resultados semelhantes para Bromelioideae. Entre as 58 espécies estudadas, 73% germinaram entre quatro e sete dias.

*Dyckia pseudococcinea* apresentou a mais rápida emergência da raiz primária e formação de planta jovem, apesar de ser da mesma subfamília de *Pitcairnia encholirioides*, considerada lenta. As espécies de

Bromelioideae, *Wittrockia gigantea* e *Aechmea blanchetiana*, apresentaram rápida formação de plântulas e plantas jovens. Demais gêneros mostraram-se semelhantes quanto ao tempo de formação de plântulas e plantas jovens, indicando um sincronismo no desenvolvimento de mudas. Em programas de produção de mudas, o conhecimento do tempo necessário para a germinação, desenvolvimento da plântula e da planta jovem tem grande importância por permitir o planejamento da utilização dos espaços nos canteiros.

As porcentagens máximas de germinação obtidas, acima de 80%, indicam alta qualidade fisiológica das sementes e conseqüentemente, alto potencial para a produção de mudas para todas as espécies. Deve-se destacar que a produção de mudas via sementes mantém a variabilidade genética das espécies, sendo um importante fator ecológico em estudos de recuperação de áreas degradadas e reintrodução de espécies em extinção.

Apesar do tamanho reduzido e a fragilidade das sementes e plântulas dificultarem o estudo morfológico das estruturas pós-seminais (Pereira 1988), as sementes e as plântulas normais de Bromeliaceae apresentam bons caracteres de diferenciação entre gêneros e subfamílias.

Os resultados apresentados no presente trabalho demonstram que a morfologia das sementes e plântulas de Bromeliaceae constituem ferramentas úteis para estudos taxonômicos, ecológicos e de tecnologia de sementes. Os caracteres morfológicos mais relevantes para a delimitação dos seis gêneros foram observados, principalmente, na forma das sementes e seus respectivos apêndices morfológicos, e na forma e tamanho da bainha cotiledonar, hipocótilo e raiz primária.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Dra. Rafaela Campostrini Forzza, pela sugestão das espécies estudadas e auxílio na coleta de sementes; ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Escola Nacional de Botânica Tropical e à CAPES, pela concessão de bolsa de doutorado.

## Referências bibliográficas

- Almeida-Cortez, J.S. 2004. Dispersão de sementes. Pp. 225-235. In: A.G Ferreira; F. Borghetti (eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Andrade, A.C.S.; Cunha, R.; Souza, A.F.; Reis, R.B. & Almeida, K.J. 2003. Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. **Seed Science & Technology** 31: 125-137.
- Bekendan, J. & Grob, R. 1980. **Manual para evaluación de plântulas en análisis de germinación**. Madri, Instituto Nacional Semillas Y Plantas de Vivero.
- Benzing, D.H. 2000. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge University Press.

- Boyd, L. 1932. Monocotylous seedlings. Morphological studies in the post-seminal development of the embryo. **Transactions and Proceedings of the Botanical Society of Edinburgh** 31: 5-224.
- Brasil. 1992. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, LAVARV/ SNAD/MA.
- Downs, R.J. 1974. Anatomy and physiology. Pp. 2-56. In: L.B. Smith & R.J. Downs (eds.). **Pitcairnoideae (Bromeliaceae)**. Nova York, Hafner Press.
- Duke, J.A. 1969. On tropical tree seedlings 1. Seeds, seedlings, systems and systematics. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 56: 125-161.
- Garwood, N.C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. Pp. 59-129. In: M.D. Swaine (ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris, Man and the Biosphere series.
- Hladik, A. & Miquel, S. 1990. Seedling types and plant establishment in an African rain forest. Pp. 261-282. In: K.S. Bawa & M. Hadley (eds.). **Reproductive ecology of tropical forest plants**. Paris, Man and the Biosphere series.
- Ibarra-Manríquez, G.; Ramos, M.M. & Oyama, K. 2001. Seedling functional types in a lowland rain forest in México. **American Journal of Botany** 88: 1801-1812.
- Janzen, D.H. 1988. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 75: 105-116.
- Luther, H.E. 2000. **An alphabetical list of bromeliad binomials**. Sarasota, The Bromeliad Society International.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science** 2: 176-177.
- Melo, M.F.F. & Varela, V.P. 2006. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de duas espécies florestais da Amazônia *Dinizia excelsa* Ducke (Angelim Pedra) e *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Cedrorana) Leguminosae: Mimosoideae. **Revista Brasileira de Sementes** 28: 54-62.
- Melo, F.P.L.; Aguiar Neto, A.V.; Simabukuro, E.A. & Tabarelli, M. 2004. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. Pp. 237-249. In: A.G. Ferreira & F. Borghetti (eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Mercier, H. & Guerreiro Filho, O. 1990. Propagação sexuada de algumas bromélias nativas da Mata Atlântica: efeito da luz e da temperatura na germinação. **Hoehnea** 17: 19-26.
- Moraes, P.L.R. & Paoli, A.A.S. 1999. Morfologia e estabelecimento de plântulas de *Cryptocarya moschata* Nees, *Ocotea catharinensis* Mez e *Endlicheria paniculata* (Spreng.) MacBride – Lauraceae. **Revista Brasileira de Botânica** 22: 287-295.
- Paula, C.C. & Silva, H.M.P. 2004. **Cultivo prático de bromélias**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.
- Pereira, T.S. 1988. Bromelioideae (Bromeliaceae): morfologia do desenvolvimento pós-seminal de algumas espécies. **Arquivo do Jardim Botânico do Rio de Janeiro** 29: 115-154.
- Oliveira, D.M.T. 2001. Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas arbóreas nativas: espécies de *Phaseoleae*, *Sophoreae*, *Swartzieae* e *Tephrosieae*. **Revista Brasileira de Botânica** 24: 85-97.
- Rosa, L.S.; Felippi, M.; Nogueira, A.C. & Grossi, F. 2005. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Bail. (Timbó). **Cerne** 11: 306-314.
- Scatena, V.L.; Segecin, S. & Coan A.I. 2006. Seed morphology and post-seminal development of *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) from the "Campos Gerais", Paraná, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 49: 945-951.
- Smith, L.B. & Downs, R.J. 1974. Pitcairnoideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica** 14: 1-660.
- Strehl, T. & Beheregaray, R.C.P. 2006. Morfologia de sementes do gênero *Dyckia*, subfamília Pitcairnoideae (Bromeliaceae). **Pesquisas Botânicas** 57: 103-120.
- Tillich, H.J. 1995. Seedlings and systematics in monocotyledons. Pp. 303-352. In: P.J. Rudall; P.J. Cribb; D.F. Cutler & C.J. Humphries (eds.). **Monocotyledons: systematics and evolution**. Kew, Kew Botanic Garden.
- Tillich, H.J. 2000. Ancestral and derived character states in seedlings of monocotyledons. Pp. 221-228. In: K.L. Wilson & D.A. Morrison (eds.). **Monocotyledons: systematics and evolution**. Melbourne, CSIRO.
- Tillich, H.J. 2007. Seedling diversity and the homologies of seedling organs in the order Poales (Monocotyledons). **Annals of Botany** 100: 1413-1429.
- Van der Pilj, L. 1982. **Principals of dispersal in higher plants**. 3<sup>rd</sup> ed. Berlin, Springer Verlag.
- Varadarajan, G.S. & Gilmartin, A.J. 1988. Taxonomic realignments within the subfamily Pitcairnoideae (Bromeliaceae). **Systematic Botanic** 13: 294-299.
- Zaidan, L.B.P. & Barbedo, C.J. 2004. Quebra de dormência em sementes. Pp. 135-146. In: A.G. Ferreira & F. Borghetti (eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Zamith, L.R. & Scarano, F.R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18: 161-176.