

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**GERMINAÇÃO E MORFOANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO  
PÓS-SEMINAL DE ESPÉCIES DE *VELLOZIA* VAND. DE CAMPOS  
RUPESTRES BRASILEIROS**

**Mestranda: Shelka Alcântara da Silva**

**Orientadora: Profa. Dra. Neuza Maria de Castro**

**Uberlândia – MG**  
**Março de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**GERMINAÇÃO E MORFOANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO  
PÓS-SEMINAL DE ESPÉCIES DE *VELLOZIA* VAND. DE CAMPOS  
RUPESTRES BRASILEIROS**

**Mestranda: Shelka Alcântara da Silva**

**Orientadora: Profa. Dra. Neuza Maria de Castro**

**Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de  
Uberlândia como parte dos  
requisitos para a obtenção do  
título de Mestre em Biologia  
Vegetal.**

**Uberlândia – MG  
Março de 2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586g Silva, Shelka Alcântara da, 1987-  
2013 Germinação e morfoanatomia do desenvolvimento pós-semi-  
nal de espécies de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros  
/ Shelka Alcântara da Silva. -- 2013.  
72 f. : il.

Orientadora: Neuza Maria de Castro.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.  
Inclui bibliografia.

1. Botânica - Teses. 2. Velloziaceae - Teses. 3. Velloziaceae  
- Sementes - Teses. 4. Germinação - Teses. I. Castro, Neuza Ma-  
ria de. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de  
Pós-Graduação em Biologia Vegetal. III. Título.

---

CDU: 581

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

**GERMINAÇÃO E MORFOANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO  
PÓS-SEMINAL DE ESPÉCIES DE *VELLOZIA* VAND. DE CAMPOS  
RUPESTRES BRASILEIROS**

Shelka Alcântara da Silva

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente (Orientador):

  
Prof. Dra. Neuza Maria de Castro

Examinadores:

  
Prof. Dra. Nanuza Luiza de Menezes

  
Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza

Dissertação aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Uberlândia – MG  
Março de 2013

A vegetação, a despeito de sua enganadora uniformidade de aspecto, é das mais variadas e belas. Há beleza na disposição das folhas, na graça da singeleza dos poucos ramos, nos surpreendentes matizes de verde a verde-azulado das folhas e acima de tudo nas cores vivas, porém harmoniosas das flores, umas delicadas, outras perfumadas, aquelas grandes, aqui simétricas, lá sem cálice, estas tubulosas, estas outras imbricadas, num interminável caleidoscópio vivo.

(Joly 1970)

## Agradecimentos

Mestrado...

Neste breve período de dois anos, experimentei os mais diversos sentimentos e mais antagônicos possíveis. Passou rápido, mas foi intenso. Foram muitas indagações, mas o fato é que ter escolhido a Biologia tempos atrás e optado pelo caminho da Botânica mais recentemente, foi uma escolha acertada. E o Universo conspirou a favor.

Agradeço...

À minha família, especialmente aos meus pais e minha irmã, por terem me apoiado nas minhas escolhas, pela compreensão, pelo afeto e pela torcida constante.

Aos meus amigos, que iluminaram os meus dias e deixaram a caminhada mais suave. À minha turma oficial da Bioveg e também à terceira turma, que pela convivência, sinto como se todos fossem de uma única turma. Em especial, Danilo, Jamile e Emmanuel, Ana Flávia, Rodrigo Pacheco e Júlio, obrigada pelas conversas, risadas, ajudas diversas, momentos de descontração ou desabafo. Estamos juntos no mesmo barco!

Ao pessoal dos laboratórios em que trabalhei durante esse tempo: João Paulo, no de Ecofisiologia Vegetal, obrigada pelas dicas no começo dos experimentos. Tantas coisas a aprender sobre germinação!

Ao pessoal do Lamovi, em especial ao Rafael, meu companheiro mais antigo de laboratório, sempre disposto a ajudar.

Ao pessoal do HUFU, pois fazer todas aquelas ilustrações botânicas com vocês por perto foi muito mais divertido!

Às professoras Rosana Romero, Neuza Maria de Castro e Daniela G. Simão, por organizar as viagens à Diamantina (MG), que proporcionaram as minhas primeiras coletas de Velloziaceae. Viagens especiais e que deixam saudades.

À minha orientadora, profa. Neuza Maria de Castro, pelas conversas e conselhos e pelo incentivo, quando faltava energia da minha parte. Pela disposição em ajudar. Pela confiança. Por me apresentar os campos rupestres, lugares tão especiais, e as Velloziaceae tão lindas... Por compartilhar comigo o interesse pela Botânica.

À profa. Marli A. Ranal, pelas orientações com a parte de germinação, sempre objetivas e esclarecedoras. Quanto mais eu aprendo sobre as sementes, mais me desperta o interesse.

Ao prof. Dr. Renato de Mello-Silva, pelas identificações precisas das espécies de Velloziaceae.

À profa. Juliana Marzinek, pelas dicas durante o período de aulas do estágio docência e por aceitar, juntamente com a profa. Daniela G. Simão, o convite para participar da minha banca do Exame de Qualificação.

À profa. Cecília Lomônaco de Paula, pelas correções dos abstracts presentes nessa Dissertação.

À CAPES, pela bolsa concedida, que facilitou todas as viagens de coletas, a compra de materiais ao longo desse trabalho, a resolução rápida de alguns imprevistos, e por que não, foi mais um incentivo para manter a dedicação aos estudos.

À UFU, ao InBio e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Confiei minha formação acadêmica à Instituição e não me arrependo da escolha. Saio dessa universidade com uma visão de Mundo mais amadurecida e que levarei comigo. Sempre.

Aos membros da banca, profa. Nanuza Luiza de Menezes, prof. Luiz Antonio de Souza, profa. Neuza Maria de Castro e profa. Daniela Guimarães Simão. A dedicação à Botânica, a simplicidade, mesmo com tanta experiência, são verdadeira inspiração para mim.

Porque “Ninguém cruza nosso caminho por acaso, e nós não entramos na vida de alguém sem nenhuma razão”.

A todos que fizeram parte dessa etapa da minha vida, o meu sincero obrigado.

## Sumário

Resumo	01
Abstract	02
1. Introdução Geral	03
2. Referências Bibliográficas	08

### **Capítulo 1. Germinação de sementes de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros**

Resumo e Abstract	16
Introdução	18
Material e Métodos	19
Resultados	21
Discussão	24
Referências Bibliográficas	27
Ilustrações	31

### **Capítulo 2. Morfoanatomia do desenvolvimento pós-seminal de espécies de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros**

Resumo e Abstract	36
Introdução	38
Material e Métodos	39
Resultados	41
Discussão	47
Referências Bibliográficas	51
Ilustrações	55
3. Considerações Finais	64



## Resumo

As Velloziaceae, uma família relativamente pequena da ordem Pandanales, com aproximadamente 250 espécies, são frequentemente encontradas nos campos rupestres do Brasil, onde apresentam alto grau de endemismo, bem como, algumas espécies encontram-se ameaçadas de extinção. Várias espécies de Velloziaceae apresentam potencial ornamental, tanto pela folhagem, quanto pela beleza das flores. No entanto, poucos são os estudos que investigam o comportamento germinativo e o desenvolvimento pós-seminal dessas espécies. Visando contribuir com esses estudos, sementes de doze espécies de *Vellozia* Vand. foram coletadas nos campos rupestres de Minas Gerais e Goiás. As sementes foram semeadas em Câmaras de Emanuéli e os experimentos instalados em câmara de germinação, sob luz e temperatura controladas. Os dados sobre o comportamento germinativo e a morfoanatomia foram obtidos utilizando-se as técnicas usuais para cada caso. As sementes das espécies estudadas são preferencialmente fotoblásticas e a maioria delas apresentou alta germinabilidade ( $G \geq 60\%$ ) e velocidade média de germinação alta ( $0,06 \leq \bar{v} \leq 0,21 \text{ dia}^{-1}$ ). O coeficiente de variação do tempo de germinação, as medidas de incerteza e de sincronia revelaram que essas espécies podem ser agrupadas em dois grupos: no primeiro, aquelas que apresentam germinação heterogênea e espalhada no tempo e, no segundo, as que exibem germinação homogênea e mais concentrada no tempo. O fotoblastismo e a germinação rápida, porém espalhada no tempo, sugerem dormência relativa, que é comum para sementes de espécies adaptadas às condições ambientais adversas e indica o potencial dessas sementes para formar banco de sementes. As sementes de *Vellozia* são pequenas e bitegumentadas. O embrião é pequeno e exibe um único feixe vascular no cotilédone. A germinação inicia-se com a protrusão da base do cotilédone e da radícula e a plântula é criptocotiledonar. A vascularização da plântula é reduzida. A raiz primária é persistente e forma raízes laterais. Eofilo e metafilo são semelhantes. As *Vellozia* estudadas apresentaram caracteres morfoanatômicos semelhantes durante o desenvolvimento pós-seminal, o que reforça a identidade do gênero.

**Palavras-chave:** anatomia, bancos de sementes, comportamento germinativo, morfologia, plântulas

## Abstract

Velloziaceae is a relatively small family from Pandanales, including approximately 250 species that are very common in the Brazilian "campos rupestres". The Velloziaceae have a high degree of endemism, and some species are threatened with extinction. Several species of Velloziaceae have potential ornamental use, both for plant architecture as the foliage, or due to the beauty of their flowers. However, few studies investigate the germinative behavior and the post-seminal development of these species. In order to contribute with the knowledge of the germination and post-seminal development of Velloziaceae were analyzed seeds of twelve species of *Vellozia* Vand. from Minas Gerais and Goiás "campos rupestres". The seeds were sown in Emanuelli chambers and the experiments were installed in germination chamber under controlled light and temperature. The data about germinative behavior and post-seminal development morphology and anatomy were obtained using the usual techniques for each case. The seeds of the studied species are small, preferentially photoblastic and most of them exhibit high germinability ( $G \geq 60\%$ ) and high values of mean germination rates ( $0,06 \leq \bar{v} \leq 0,21 \text{ day}^{-1}$ ). The coefficient of variation of the germination time and the measurements of uncertainty and synchrony revealed that the species can be separated in two groups: in the first group are the species exhibiting heterogeneous and spread germination through the time and in the second group were coupled the species exhibiting homogenous germination more concentrated over time. The photoblastism and fast germination, yet spread in time, suggest relative dormancy, which is common in seeds from species adapted to adverse environmental conditions and indicate that the seeds of these species can form seed banks. The seeds are small and bitegumented. The embryo is small and exhibits a single vascular bundle in the cotyledon. Germination begins with the protrusion of the cotyledon's base and radicle and the seedling is cryptocotylar. The primary root is persistent and forms lateral roots. Eophyll and methaphyll are similar. Seedling vascularization is reduced. The *Vellozia* exhibited similar morphological and anatomical characters during the post-seminal development, which reinforces the genera identity.

**Key-words:** anatomy, bank seeds, germinative behavior, morphology, seedling

## 1. Introdução Geral

Velloziaceae é uma família, relativamente pequena, de Monocotiledôneas pertencente às Pandanales (APG III 2009). A família apresenta cerca de 250 espécies, reunidas em duas subfamílias: Vellozioideae e Barbacenioidae, de distribuição predominantemente neotropical e os campos rupestres brasileiros são o seu centro de diversidade (Mello-Silva 2005), principalmente as formações quartizíticas da Cadeia do Espinhaço (Menezes 1970; Ayensu 1973; Alves & Kolbek 1994). Minas Gerais é o estado com o maior número de espécies da família (Giulietti & Pirani 1988; Mello-Silva 1991, 1995; Giulietti *et al.* 2005) e apresenta alto grau de endemismo (Rapini *et al.* 2008), e 21 delas são listadas como vulneráveis ou ameaçadas de extinção (Biodiversitas 2007). As Velloziaceae apresentam hábito que varia de herbáceo a arbustivo e ocorrem a sol pleno, em hábitat seco, rochoso ou arenoso, em altitudes variando de 700 a 2.000 metros (Mello-Silva 2004).

Na última proposta de classificação para a família, Mello-Silva (2005) cita cinco gêneros: *Acanthochlamys*, *Barbacenia*, *Talbotia*, *Vellozia* e *Xerophyta*. No Brasil, ocorrem apenas os gêneros *Barbacenia* e *Vellozia* e aproximadamente 200 espécies (Souza & Lorenzi 2012; Mello-Silva 2012) e o grau de endemismo entre elas chega a mais de 95% (Giulietti *et al.* 2005).

*Vellozia* Vand. é o maior da família, com cerca de 140 espécies (Ayensu 1973; Mello-Silva 1996). As *Vellozia* geralmente apresentam hábito arbustivo xerofítico, podendo alcançar até 6 m de altura em *V. gigantea* N. L. Menezes & Mello-Silva ou exibir um porte reduzido de apenas 5 cm, como em *V. minima* Pohl. (Mello-Silva 2004). As plantas apresentam caule ramificado, as folhas são persistentes ou caducas, as flores são perfeitas e exibem um perianto tubular (Kubitzki 1998). Os frutos são cápsulas que podem ser loculicidas, poricidas, com vários ou um único poro apical, fissuricidas, por fendas apicais ou deiscências por meio de fendas intercostais (Mello-Silva 2000; Sousa 2005). As sementes das espécies de *Vellozia*, bem como do restante da família, são numerosas e pequenas (Garcia & Diniz 2003; Sousa 2005; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Silva 2010; Mota & Garcia 2012).

Nos últimos 50 anos, a família tem sido amplamente estudada sob o ponto de vista taxonômico (Smith 1962; Ayensu 1968, 1969; Menezes 1971, 1980; Ayensu 1974; Smith & Ayensu 1974, 1976; Menezes 1975; Mello-Silva & Menezes 1988, 1999; Menezes & Semir 1991; Mello-Silva 1991, 2000, 2005, 2008, 2011; Williams *et al.* 1991;

Menezes *et al.* 1994; Melo *et al.* 1997; Behnke *et al.* 2000; Salatino *et al.* 2001; Alves 2002; Sajo *et al.* 2010; Barbosa *et al.* 2012) e além dos problemas de delimitação específica, comuns a outras famílias, a delimitação dos gêneros também tem se constituído em um problema histórico para as Velloziaceae (Menezes 1984; Mello-Silva 1991). A controvérsia entre os vários pesquisadores reside, principalmente, na escolha das características para a separação dos taxa (Smith & Ayensu 1974; Menezes 1980, Mello-Silva 1991).

A afinidade das Velloziaceae com outras famílias de Monocotiledôneas também tem sido objeto de muita discussão (Salatino *et al.* 2001). Takhtajan (1969), Dahlgren (1985), Menezes (1980) ou ainda Cronquist (1988), as consideraram, respectivamente, próximas de Hypoxidaceae, Bromeliaceae, Amaryllidaceae e Haemodoraceae. Usando análise cladística, baseada em dados morfológicos, Stevenson & Loconte (1995) novamente as relacionam com as Hypoxidaceae e as inclui na ordem Velloziales.

Chase *et al.* (1993, 1995) com dados de *rbcL* e análise combinada, mostraram que *Acanthochlamys* (gênero monotípico chinês) é o grupo irmão de Velloziaceae e as incluíram na ordem Pandanales, juntamente com *Acanthochlamys*, Cyclanthaceae, Pandanaceae, Stemonaceae e Triuridaceae (Cattai 2007). No entanto, Kubitzki (1998) acredita que a análise dos dados moleculares não parece corroborar as características morfológicas e, quando muito, sustentam um forte isolamento de Velloziaceae. Na última década, as análises moleculares de Davis *et al.* 2004, Chase *et al.* (2006) e morfológicas de Rudall & Bateman (2006) mostraram que as Velloziaceae são um grupo basal das Pandanales e que *Acanthochlamys bracteata* é a espécie que primeiro divergiu na ordem (Cattai 2007).

Os campos rupestres, associados a solos litólicos predominantemente quartzitos, estão inseridos nos biomas Cerrado e Caatinga, em altitudes a partir de 900 m, ocupando, de maneira disjunta, as regiões mais elevadas da Cadeia do Espinhaço, desde o norte da Chapada Diamantina, na Bahia, até a Serra de Ouro Branco, em Minas Gerais (Rapini *et al.* 2008). Podem ser encontrados também mais ao sul, nas Serras de São João d'El Rey, da Canastra e de Ibitipoca (Minas Gerais), a oeste, nas Serras dos Cristais e dos Pirineus e na Chapada dos Veadeiros (Goiás), e ao norte, nos Tepuis ao norte da América do Sul (Rapini *et al.* 2008).

Os campos rupestres apresentam grande heterogeneidade de substrato, topografia e microclima e isto se reflete na estrutura das comunidades e na composição florística,

que agrega vários microambientes em espaços restritos (Conceição & Giulietti 2002; Vitta 2002; Conceição & Pirani 2005; Conceição *et al.* 2005). A vegetação dos campos rupestres é caracterizada principalmente por espécies herbáceas associadas a arbustos e subarbustos esparsos (Menezes & Giulietti 1986). Nas áreas abertas, em solos arenosos, ocorrem principalmente gramíneas (Poaceae) e outras famílias graminóides, como Cyperaceae, Eriocaulaceae e Xyridaceae, além de espécies de Velloziaceae e alguns gêneros de Gentianaceae e Orchidaceae (Joly 1970; Rapini *et al.* 2008). Nos afloramentos rochosos, com solos mais rasos e teores mais elevados de matéria orgânica, onde a vegetação é mais arbustiva, destacam-se espécies de Velloziaceae, Amaryllidaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Gutiferae, Melastomataceae, Leguminosae, Malpighiaceae, Rubiaceae e Orchidaceae, além de algumas licófitas e samambaias leptosporangiadas (Rapini *et al.* 2008). Nas pedras nuas destacam-se principalmente as Bromeliaceae, Cactaceae, Gesneriaceae, Piperaceae, várias Orchidaceae, além de algumas pteridófitas e várias espécies de Velloziaceae (Menezes & Giulietti 1986). Nas áreas com solos mais encharcados, frequentemente associados aos córregos, são encontradas espécies saprófitas das famílias Burmanniaceae e Droseraceae, algumas espécies de Eriocaulaceae, Xyridaceae, Rapateaceae e Lentibulariaceae (Menezes & Giulietti 1986; Rapini *et al.* 2008). De modo geral, a vegetação dos campos rupestres é tipicamente xerofítica e adaptada a condições extremas, tais como alta insolação, exposição ao vento, solos rasos, secos e nutricionalmente pobres, além das temperaturas que variam grandemente ao longo do ano (Giulietti *et al.* 1997; Rapini *et al.* 2008).

Devido à topografia irregular e ao solo impróprio para agricultura, os campos rupestres não parecem sofrer pressão antrópica acentuada (Rapini *et al.* 2008). No entanto, segundo esses autores, os campos rupestres estão sujeitos a queimadas frequentes e em alguns pontos, sendo substituídos por monoculturas de eucaliptos e pinheiros. Próximo aos centros urbanos, o aumento no número de casas de veraneio e pousadas é surpreendente (Rapini *et al.* 2008). Dado ao grande número de espécies endêmicas que ocorrem nos campos rupestres e as suas características bióticas e abióticas únicas, essa vegetação tem sido considerada de grande interesse para a pesquisa (Giulietti *et al.* 1987; Giulietti & Pirani 1988; Giulietti *et al.* 1997; Rapini *et al.* 2008).

Apesar da reconhecida riqueza florística da Cadeia do Espinhaço, declarada como Reserva da Biosfera pela UNESCO, e a importância dos estudos de germinação para o

entendimento dos processos ecológicos das comunidades vegetais, pouco se conhece sobre a biologia reprodutiva de muitas espécies dos campos rupestres, o que torna as investigações sobre esse tema, especialmente relevantes (Mota & Garcia 2012). A íntima associação das espécies endêmicas do Espinhaço com os campos rupestres sugere que seus indivíduos necessitam de condições bastante particulares para a sobrevivência ou não são competitivos em outros ambientes (Alves & Kolbek 1994).

A semente é a forma de dispersão, multiplicação, sobrevivência e preservação das espécies e da biodiversidade, uma vez que contém o código genético e representa a principal forma de disseminação nos diferentes ambientes (Souza 2009). Segundo o autor, a função da semente viva é a germinação, seguida do crescimento e desenvolvimento do embrião, originando uma nova planta.

O conceito de germinação apresenta algumas variações e dependendo do critério botânico ou morfológico adotado, consiste na protrusão, de uma das partes do embrião do envoltório, associada a algum sinal de vida da plântula após a emergência, como a curvatura geotrópica positiva da radícula ou a abertura do gancho plumular (Labouriau 1983). Segundo critérios fisiológicos, a germinação se inicia com a absorção de água pela semente e termina com o início do alongamento do eixo embrionário, e o processo se completa quando uma parte do embrião, em geral a radícula, penetra e trespassa os tegumentos da semente (Bewley & Black 1994; Kerbauy 2008). Existe ainda o critério de germinação agrônomo ou tecnológico, que considera a emergência da plântula através da superfície do solo (Kerbauy 2008).

O período de germinação das sementes, sua sobrevivência e o estabelecimento da planta, em seus estágios iniciais de desenvolvimento, são considerados críticos para a preservação de uma espécie vegetal (Souza 2003). Segundo o autor, a primeira fase vegetativa da planta, ou seja, a fase que se estende desde a germinação consumada da semente até a completa expansão da primeira folha ou eofilo, conhecida como plântula, tem enorme valor para o estudo da dinâmica de populações, de silvicultura, no armazenamento de sementes, nos trabalhos de viveiros e na preservação e regeneração de florestas. Muitos são os trabalhos que avaliam os processos de germinação, principalmente, quanto à capacidade germinativa das sementes, expressa pela germinabilidade. Em menor número são aqueles que avaliam as medidas de tempo e velocidade e quase não há registros de avaliação quanto à sincronia da germinação (Ferreira 2007). As medidas de tempo, velocidade e sincronia informam a dinâmica do

processo da germinação e podem fornecer resultados interessantes para fisiólogos, tecnólogos de sementes e também para ecólogos (Ranal & Santana 2006).

Por isso, torna-se importante que essas medidas sejam incorporadas, como complementares, aos estudos de germinação e emergência de plântulas das espécies nativas (Ferreira 2007). Os processos de germinação da semente são, em geral, pouco estudados entre as Monocotiledôneas, embora alguns táxons tenham merecido maior atenção devido à sua importância econômica (Kraus *et al.* 1994). Para as Velloziaceae, poucos trabalhos investigaram o processo germinativo de suas espécies (Ayensu 1973; Garcia & Diniz 2003; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Zaidan & Carreira 2008; Silva 2010; Mota & Garcia 2012). Apesar das Velloziaceae apresentarem flores vistosas, com as tépalas variando entre brancas, amarelo a vermelho e lilás, a família ainda não é explorada do ponto de vista ornamental, principalmente pela dificuldade de cultivo e pelo crescimento lento (Souza & Lorenzi 2012).

As sementes das Velloziaceae estudadas até o momento (Ayensu 1973; Menezes 1977; Garcia & Diniz 2003; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Zaidan & Carreira 2008; Silva 2010; Mota & Garcia 2012) germinam facilmente. As sementes são preferencialmente fotoblásticas e apresentam alta germinabilidade em faixas de temperatura entre 25 °C e 40 °C (Garcia & Diniz 2003; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Silva 2010; Mota & Garcia 2012). No entanto, a dificuldade maior está em como manter as mudas de Velloziaceae vivas até a maturidade (Alves 1994), o que possibilitaria o cultivo dessas espécies. A falha em se conseguir o desenvolvimento dessas plantas até a fase adulta pode estar ligada à incapacidade de se conseguir reproduzir precisamente, em laboratório, as condições de campo nas quais essas espécies crescem (Alves 1994), pois muitas Velloziaceae são endêmicas e crescem em locais inacessíveis, adaptadas a condições xéricas extremas (Kubitzki 1998).

Apesar dos estudos das plântulas de Monocotiledôneas datarem do século 19, a terminologia morfológica empregada pelos autores é bastante variada e confusa, o que tem inviabilizado os estudos comparativos (Tillich 1995, 2000, 2003, 2007). Embora o autor tenha feito um delineamento geral sobre a diversidade morfológica das plântulas de Monocotiledôneas e um estudo mais detalhado de alguns grupos, ainda existem vários grupos que necessitam de uma pesquisa mais ampla.

Menor ainda é o número dos trabalhos que trata do desenvolvimento pós-seminal e da morfoanatomia de plântulas de espécies de Velloziaceae. Entre os poucos trabalhos encontrados na literatura podemos citar Boyd (1932), que descreve a plântula de *Vellozia*

*elegans*, Menezes (1977) que estudou as plântulas de *Barbacenia purpurea* Hook, *Vellozia candida* Mikan, *Xerophyta plicata* Spreng., *Barbacenia flava* Mart. ex Schult., *Vellozia glabra* Mikan, *Vellozia nanuzae* L. B. Smith & Ayensu e *Barbacenia spectabilis* L. B. Smith, e Tillich (1995, 2000). Os trabalhos de Tillich relatam apenas características morfológicas das plântulas, e Boyd e Menezes, além da descrição morfológica tratam também de aspectos anatômicos. Menezes relata a ocorrência de um cotilédone foliáceo e a atrofia da raiz primária nas espécies analisadas. Mais recentemente, Silva (2010) estudando *Vellozia flavicans*, menciona que a plântula é semicriptocotiledonar, e permanece ligada à semente, exibindo um cotilédone haustorial. A autora relata que, até o final do experimento (40<sup>o</sup> dia), a raiz primária não degenera e forma raízes laterais.

Tendo em vista a representatividade das Velloziaceae nos campos rupestres, o alto grau de endemismo dessas espécies (Alves & Kolbek 1994; Kubitzki 1998; Rapini, *et al.* 2008) e a situação crítica de várias delas, listadas como em perigo de extinção (Biodiversitas 2007), bem como, os poucos dados existentes sobre o seu ciclo de vida, os objetivos deste trabalho foram avaliar o comportamento germinativo de doze espécies de *Vellozia*, sob condições controladas de temperatura e luminosidade; estudar o desenvolvimento pós-seminal dessas espécies, descrevendo aspectos morfológicos de todas elas e os aspectos anatômicos das sementes, plântulas e plantas jovens de cinco dessas espécies, visando levantar caracteres importantes para a taxonomia do grupo e assim, acrescentar novas informações aos estudos relacionados à germinação e desenvolvimento pós-seminal de Velloziaceae.

## 2. Referências Bibliográficas

- Alves, R.J.V. 1994. Morphological age determination and longevity in some *Vellozia* populations in Brazil. **Folia Geobotanica & Phytotaxonomica** **29**(1): 55-59.
- Alves, R.J.V. 2002. Two new species of *Nanuza* (Velloziaceae) from Brazil. **Novon** **12**(1): 12-17.
- Alves, R.J.V. & Kolbek, J. 1994. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (campo rupestre) in Brazil. **Vegetatio** **113**: 125-139.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** **161**: 105-121.



- Ayensu, E.S. 1968. The anatomy of *Barbaceniopsis*, a new genus recently described in the Velloziaceae. **American Journal of Botany** **55**(4): 399-405.
- Ayensu, E.S. 1969. Leaf-anatomy and systematics of old world Velloziaceae. **Kew Bulletin** **23**(2): 315-335.
- Ayensu, E.S. 1973. Biological and morphological aspects of the Velloziaceae. **Biotropica** **5**(3): 135-149.
- Ayensu, E.S. 1974. Leaf anatomy and systematics of new world Velloziaceae. **Smithsonian Contributions to Botany** **15**: 1-125.
- Barbosa, A.R.; Fiorini, C.F.; Silva-Pereira, V.; Mello-Silva, R.; Borba, E.L. 2012. Geographical genetic structuring and phenotypic variation in the *Vellozia hirsuta* (Velloziaceae) ochlopecies complex. **American Journal of Botany** **99**: 1477-1488.
- Behnke, H.D.; Treutlein, J.; Wink, M.; Kramer, K.; Schneider, C.; Kao, P.C. 2000. Systematics and evolution of Velloziaceae, with special reference to sieve-element plastids and *rbcL* sequence data. **Botanical Journal of the Linnean Society** **134**: 93-129.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. New York, Plenum Press.
- Biodiversitas. 2007. **Revisão das Listas de Espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas.
- Boyd, L. 1932. Monocotylous seedlings: Morphological studies in the post-seminal development of the embryo. **Transactions and Proceedings of the Botanical Society Edinburgh** **31**: 5-224.
- Cattai, M.B. 2007. **Anatomia em Velloziaceae: caracteres, evolução e filogenia**. Dissertação (Mestrado em Ciências – Botânica). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chase, M.W.; Soltis, D.E.; Olmstead, R.G.; Morgan, D.; Les, D.H.; Mishler, B.D.; Duvall, M.R.; Price, R.A.; Hills, H.G.; Qiu, Y.L.; Kron, K.A.; Rettig, J.H.; Conti, E.; Palmer, J.D.; Manhart, J.R.; Sytsma, K.J.; Michaels, H.J.; Kress, W.J., Karol, K.G.; Clark, W.D.; Hedren, M.; Gaut, B.S.; Jansen, R.K.; Kim, K.J.; Wimpee, C.F.; Smith, J.F.; Furnier, G.R.; Strauss, S.H.; Xiang, Q.Y.; Plunkett, G.M.; Soltis, P.S.; Swensen, S.M.; Williams, S.E.; Gadek, P.A.; Quinn, C.J.; Eguiarte, L. E.; Golenberg, E.; Learn, G.H.; Jr., Graham, S.W.; Barrett, S.C.H.; Dayanandan, S.; Albert, V.A. 1993. Phylogenetics of Seed Plants: An Analysis of Nucleotide Sequences from the Plastid Gene *rbcL*. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **80**(3): 528-580.
- Chase, M.W.; Stevenson, D.W.; Wilkin, P.; Rudall, P.J. 1995. Monocot systematics: a combined analysis. Pp. 685-730. In: Rudall, P.J.; Cribb, P.J.; Cutler, D.F.; Humphries, C.J. (eds.). **Monocotyledons: systematics and evolution**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Chase, M.W.; Fay, M.F.; Devey, D.S.; Maurin, O.; Ronsted, N.; Davies, T.J.; Pillon, Y.; Petersen, G.; Seberg, O.; Tamura, M.N.; Asmussen, C.B.; Hilu, K.; Borsch, T.; Davis, J.; Stevenson, D.W.; Pires, J.C.; Givnish, T.J.; Sytsma, K.J.; McPherson, M.A.; Graham, S.W.; Rai, H.S. 2006. Multigene analyses of monocots relationships: a summary. In:

- Columbus *et al.* (eds.). **Monocots: comparative biology and evolution**. Rancho Santa Ana Botanic Garden. **Aliso**(1): 62-74.
- Conceição, A.A. & Giulietti, A.M. 2002. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea** **29**: 34-48.
- Conceição, A.A. & Pirani, J.R. 2005. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substrato, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **23**: 85-111.
- Conceição, A.A. & Pirani J.R. 2007. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia** **58**: 193-206.
- Conceição, A.A.; Rapini, A.; Pirani, J.R.; Giulietti, A.M.; Harley, R.M.; Silva, T.R.S.; Santos, A.K.A.; Cosme, C.; Andrade, I.M.; Costa, J.A.S.; Souza, L.R.S.; Andrade, M.J.G.; Funch, R.R.; Freitas, T.A.; Freitas, A.M.M.; Oliveira, A.A. 2005. Campos Rupestres. Pp. 153-180. In: Juncá, F.A.; Funch, L.; Rocha, W. (org.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Davis, J.I.; Stevenson, D.W.; Petersen, G.; Seberg, O.; Campbell, L.M.; Freudenstein, J.V.; Goldman, D.H.; Hardy, C.R.; Michelangeli, F.A.; Simmons, M.P.; Specht, C.D.; Vergara-Silva, F.; Gandolfo, M. 2004. A phylogeny of the monocots inferred from *rbcl* and *atpA* sequence variation, and a comparison of methods for calculating jackknife and bootstrap values. **Systematic Botany** **29** (3): 467-510.
- Ferreira, W.R. 2007. **Variabilidade de cinco espécies arbóreas da região de Cerrado do Brasil Central para medidas de germinação e emergência**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- Garcia, Q.S. & Diniz, I.S.S. 2003. Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó, MG. **Acta Botanica Brasilica** **17**(4): 487-494.
- Garcia, Q.S.; Jacobi, C.M.; Ribeiro, B.A. 2007. Resposta germinativa de duas espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**(2): 451-456.
- Garcia, Q.S. & Oliveira, P.G. 2007. Germination patterns and seed longevity of Monocotyledons from the Brazilian campos rupestres, **Seed Science Biotechnology** **1**: 35-41.
- Giulietti A.M.; Harley, R.M.; Queiróz, L.P.; Wanderley, M.G.L.; Van den Berg, C. 2005. Biodiversity and conservation of plants in Brazil. **Conservation Biology** **19**: 632-639.
- Giulietti, A.M.; Menezes, N.L.; Pirani, J.R.; Meguro, M.; Wanderley, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **9**(2): 1-151.
- Giulietti, A.M. & Pirani, J.R. 1988. Patterns of geographical distribution of some plant species from Espinhaço range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. Pp. 39-69. In: Vanzolini, P.E. & Heyer, W.R. (eds). **Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.

- Giulietti, A.M.; Pirani, J.R.; Harley, R.M. 1997. Espinhaço range region. Eastern Brazil. Pp. 397-404. In: Davis, S.D.; Heywood, V.H.; MacBryde, O.H; Villa-Lobos, J.; Hamilton, A.C. (eds). **Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation, Vol. 3. The Americas**. WWF/IUCN, Cambridge.
- Joly, A.B. 1970. **Conheça a Vegetação brasileira**. São Paulo, EDUSP e Polígono.
- Kerbauy, G.B. 2008. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.
- Kraus, J.E.; Sajo, M.G.; Dias-Leme, C.L. & Wanderley, M.G.L. 1994. Aspectos morfológicos do desenvolvimento pós-seminal em espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae). **Hoehnea** **21**(1/2): 29-38.
- Kubitzki, K. 1998. Velloziaceae. Pp. 459-467. In: Kubitzki, K. **The Families and Genera of Vascular Plants Vol. III: Flowering Plants, Monocotyledons, Liliaceae (except Orchidaceae)**. Berlin, Springer.
- Labouriau, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- Mello-Silva, R. 1991. The infra-familial taxonomic circumscription of the Velloziaceae: a historical and critical analysis. **Taxon** **40**: 45-51.
- Mello-Silva, R. 1995. Aspectos taxonômicos, biogeográficos, morfológicos e biológicos das Velloziaceae de Grão-Mogol, Minas Gerais, Brasil. **Boletim de Botânica** **14**: 49-79.
- Mello-Silva, R. 1996. Two new species of *Vellozia* (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society** **120**(3): 257-263.
- Mello-Silva, R. 2000. Partial cladistic analysis of *Vellozia* and characters for the phylogeny of Velloziaceae. Pp. 505-522. In: Wilson, K.I. & Morrison, D.A. (Eds.). **Monocots: Systematics and Evolution**. Melbourne, CSIRO.
- Mello-Silva, R. 2004. Velloziaceae. Pp. 490-491. In: Nathan Smith *et al.* **Flowering plants of the neotropics**. Princeton, Princeton University Press.
- Mello-Silva, R. 2005. Morphological analysis, phylogenies and classification in Velloziaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **148**: 157-173.
- Mello-Silva, R. 2008. Three new combinations in *Barbacenia* (Velloziaceae). **Neodiversity** **3**: 1-2.
- Mello-Silva, R. 2011. Circumscribing *Vellozia hirsuta* and *V. tubiflora* (Velloziaceae). **Hoehnea** **37**: 617-646.
- Mello-Silva, R. 2012. Velloziaceae *in* Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000245>).
- Mello-Silva, R. & Menezes, N.L. 1988. Duas espécies novas de Velloziaceae de Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica** **1** (Suplemento): 195-207.

- Mello-Silva, R.; Santos, D.Y.A.C.; Salatino, M.L.F.; Mota, L.B.; Cattai, M.B.; Sasaki, D.; Lovo, J.; Pita, P.B.; Rocini, C.; Rodrigues, C.D.N.; Zarrei, M.; Chase, M.W. Five vicariant genera from Gondwana: the Velloziaceae as shown by molecules and morphology. **Annals of Botany** **108**: 87-102.
- Melo *et al.* 1997. Cytogenetics and cytotaxonomy of Velloziaceae. **Plant Systematic Evolution** **204**: 257-273.
- Mendonça, M.P. & Lins, L.V. (orgs.). 2000. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas, Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte, Belo Horizonte.
- Menezes, N.L. 1971. **Estudos anatômicos e a taxonomia da família Velloziaceae**. Tese de (Doutorado em Ciências Biológicas - Botânica). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N.L. 1971. New taxa and new combinations in Velloziaceae. **Ciência e Cultura** **23**(3): 421-422.
- Menezes, N.L. 1977. Aspectos morfológicos e anatômicos do desenvolvimento de plântulas de Velloziaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **5**: 65-76.
- Menezes, N. L. 1975. Presença de traqueídes de transfusão e bainha mestomática em Barbacenioidae (Velloziaceae). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **3**(8): 29-60.
- Menezes, N.L. 1980. Evolution in Velloziaceae, with special reference to androecial characters. Pp. 117-139. In: Brickell *et al.* (Eds). **Petaloid monocotyledons: Horticultural and botanical research**. London, Academic Press.
- Menezes, N.L. & Giulietti, A.M. 1986. Serra do Cipó – Paraíso dos Botânicos. **Ciência Hoje** **25**(5): 38-44.
- Menezes, N.L. & Mello-Silva, R. 1999. Two new Brazilian Velloziaceae, *Vellozia auriculata* and *Vellozia gigantea* and key to the related dracenoid species of *Vellozia*. **Novon** **9**: 536-541.
- Menezes, N. L. & Semir, J. 1991. *Bulermoxia* A new genus of Velloziaceae. **Taxon** **40**: 413-426.
- Menezes *et al.* 1994. A cladistic analysis of Velloziaceae. **Kew Bulletin** **49**(1): 71-92.
- Mota, L.A.S. & Garcia, Q. 2012. Germination patterns and ecological characteristics of *Vellozia* seeds from high-altitude sites in South-eastern Brazil. **Seed Science Research**: 1-8.
- Ranal, M.A. & Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica** **29**(1): 1-11.
- Rapini, A.; Ribeiro, P.L.; Lambert, S.; Pirani, J.R. 2008. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade** **4**(1-2): 16-24.
- Rudall, P.J. & Bateman, R.M. 2006. Morphological phylogenetic of Pandanales: testing contrasting hypothesis of flora evolution. **Systematic Botany** **31**(2): 223-238.

- Sajo, M.G.; Rudall, P.J.; Mello-Silva, R. 2010. Homologies of floral structures in Velloziaceae with particular reference to the corona. **International Journal of Plant Sciences** **171**(6): 595-606.
- Salatino, A.; Salatino, M.L.F.; Mello-Silva, R.; Sluys, M.A.V.; Giannasi, D.E.; Price, R.A. 2001. Phylogenetic inference in Velloziaceae using chloroplast trnL-F sequences. **Systematic Botany** **26**: 92-103.
- \*Silva, S.A. 2010. **Germinação e aspectos morfoanatômicos do desenvolvimento pós-seminal de *Vellozia flavicans* Mart. ex Schult. f. (Velloziaceae)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- Smith, L.B. 1962. A synopsis of the American Velloziaceae. **Contributions from the United States National Herbarium** **35**: 251-292.
- Smith, L.B. & Ayensu, E.S. 1974. Classification of Old World Velloziaceae. **Kew Bulletin** **29**(1): 181-205.
- Smith, L.B. & Ayensu, E.S. 1976. A Revision of American Velloziaceae. **Smithsonian Contributions to Botany** **30**: 1-172
- Sousa, M.S. 2005. **Morfogênese de frutos e sementes em Velloziaceae**. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Botânica), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo.
- Souza, L.A. 2003. **Morfologia Anatomia Vegetal: Célula, tecidos, órgãos e plântula**. Ponta Grossa, Editora UEPG.
- Souza, L.A. 2009. **Sementes e plântulas: Germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa, Toda Palavra.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa, Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2012.
- Stevenson, D.W. & Loconte, H.L. 1995. Cladistic analysis of monocot families In: Rudall *et al.* Pp. 543-578. **Monocotyledons: systematics and evolution**.
- Takhtajan, A. 1969. **Flowering plants, origin and dispersal**. Oliver & Boyd, Edinburg.
- Tillich, H.J. 1995. Seedlings and systematics in Monocotyledons. Pp. 303-352. In: Rudall *et al.* **Monocotyledons: Systematics and Evolution Vol. 1**. Kew, Royal Botanical Gardens.
- Tillich, H.J. 2000. Ancestral and derived character states in seedlings of Monocotyledons. Pp. 221-228. In: Wilson, K.I. & Morrison, D.A. (Eds.). **Monocots: Systematics and Evolution**. Melbourne, CSIRO.
- Tillich, H.J. 2003. Seedling morphology in Iridaceae: Indications for relationships within the family and to related families. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants** **198**(3): 220-242.

- Tillich, H.J. 2007. Seedling Diversity and the Homologies of Seedling Organs in the Order Poales (Monocotyledons). **Annals of Botany** **100**: 1413-1429.
- Vitta, F.A. 2002. Diversidade e conservação da flora nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais. Pp. 90-94. In: Araújo *et al.* (eds). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife, Imprensa Universitária.
- Zaidan, L.B.P. & Carreira, R.C. 2008. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **20**(3): 167-181.
- Williams, C.A.; Harbone, J.B.; Menezes, N.L. 1991. The utility of leaf flavonoids as taxonomic markers in the subfamily and generic classification of the Velloziaceae. **Biochemical Systematics and Ecology** **19**(6): 483-495.

---

\* Até o momento da publicação dos trabalhos resultantes da Dissertação, esse trabalho deverá estar publicado.

## **CAPÍTULO 1**

### **Germinação de sementes de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros**

**Trabalho a ser submetido à revista *Acta Botanica Brasilica***

## Germinação de sementes de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros<sup>1</sup>

---

Shelka Alcântara da Silva<sup>2, 3</sup>, Marli Aparecida Ranal e Neuza Maria de Castro<sup>2</sup>

### RESUMO

(Germinação de sementes de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros). Os estudos sobre a germinação de Monocotiledôneas dos campos rupestres ainda são escassos, mesmo para as espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção. O objetivo deste trabalho foi obter dados sobre o comportamento germinativo de doze espécies de *Vellozia* Vand. dos campos rupestres de Minas Gerais e Goiás. As sementes foram semeadas em Câmaras de Emanuelli e os experimentos instalados em câmara de germinação, sob luz e temperatura controladas. As sementes estudadas são preferencialmente fotoblásticas e a maioria delas apresentou alta germinabilidade ( $G \geq 60\%$ ) e velocidade média de germinação alta ( $0,06 \leq \bar{v} \leq 0,21$  dia<sup>-1</sup>). O coeficiente de variação do tempo de germinação, as medidas de incerteza e de sincronia revelaram que as espécies podem ser separadas em dois grupos: no primeiro, aquelas que apresentam germinação heterogênea e espalhada no tempo e, no segundo, aquelas que exibem germinação homogênea e mais concentrada no tempo. O fotoblastismo e a germinação rápida, porém espalhada no tempo, indicam dormência relativa, que é comum para sementes de espécies adaptadas às condições ambientais adversas e sugerem que as sementes dessas espécies podem formar banco de sementes.

**Palavras-chave:** banco de sementes, coeficiente de variação do tempo de germinação, comportamento germinativo, fotoblastismo, sincronia de germinação.

---

### ABSTRACT

(Seed germination of species of *Vellozia* Vand. from brazilian campos rupestres). Studies concerning the germination of Monocotyledons from "campos rupestres" are still scarce,

---

1. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro Autor

2. Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Caixa postal 590, 38.400-902 - Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

3. Autor para correspondência: shelka.alcantara@yahoo.com.br



even those considering endemic or endangered species. The objective of this work was to describe the germinative behaviour of twelve *Vellozia* Vand. species from "campos rupestres" of Minas Gerais and Goiás. The collected seeds were sown in Emanuelli chambers and the experiments were installed in germination chambers, under controlled light and temperature. The seeds are preferentially photoblastic and most of them exhibit high germinability ( $G \geq 60\%$ ) and high values of mean germination rates ( $0,06 \leq \bar{v} \leq 0,21 \text{ day}^{-1}$ ). The coefficient of variation of the germination time and the measurements of uncertainty and synchrony revealed that the species can be separated in two groups: in the first group are the species exhibiting heterogeneous and spread germination through the time and in the second group were coupled the species exhibiting homogenous germination more concentrated over time. The photoblastism and fast germination, yet spread in time, suggest relative dormancy, which is common in seeds from species adapted to adverse environmental conditions and indicate that the seeds of these species can form seed banks.

**Key-words:** bank seeds, coefficient of variation in germination time, germinative behavior, photoblastism, synchrony

## Introdução

A semente ocupa uma posição crítica na história de vida das plantas mais evoluídas e o sucesso no estabelecimento do novo indivíduo e o vigor da plântula são determinados pelas características fisiológicas e bioquímicas da semente (Bewley & Black 1994). A função da semente viva é a germinação, seguida do crescimento e desenvolvimento do embrião, originando uma nova planta (Souza 2009).

A germinação constitui a fase do ciclo de vida que determina a distribuição das plantas no ambiente e, o estudo sobre a ecologia desse processo e o conhecimento acerca da biologia das sementes pode ser de grande valor para a compreensão das etapas do estabelecimento de uma comunidade vegetal, bem como sua sobrevivência e regeneração natural (Mayer & Poljakoff-Mayber 1989; Garcia & Diniz 2003).

O período de germinação das sementes, a sobrevivência e o estabelecimento da planta em seus estágios iniciais de desenvolvimento são considerados críticos para a preservação de uma espécie vegetal (Souza 2003). Segundo esse autor, a primeira fase vegetativa da planta, ou seja, a fase de plântula tem enorme valor no estudo da dinâmica de populações, na silvicultura, no armazenamento das sementes, no trabalho dos viveiros e na preservação e regeneração de florestas.

Velloziaceae é relativamente pequena, com aproximadamente 250 espécies, várias delas endêmicas, com distribuição predominantemente neotropical, sendo os campos rupestres brasileiros o seu centro de diversidade (Mello-Silva 2005). Dos cinco gêneros aceitos para a família (Mello-Silva 2005), no Brasil ocorrem apenas *Barbacenia* e *Vellozia* com aproximadamente 200 espécies (Souza & Lorenzi 2012; Mello-Silva 2012).

*Vellozia* Vand. reúne o maior número de espécies da família, aproximadamente 140 (Ayensu 1973; Mello-Silva 1996). As *Vellozia* geralmente apresentam hábito arbustivo xerofítico, podendo alcançar até 6 m de altura em *V. gigantea* N. L. Menezes & Mello-Silva ou exibir um porte reduzido de apenas 5 cm, como em *V. minima* Pohl. (Mello-Silva 2004). As plantas apresentam caule ramificado, as folhas são persistentes ou caducas, as flores perfeitas, os frutos são cápsulas (Kubitzki 1998; Mello-Silva 2000) e as sementes de *Vellozia*, bem como, das demais Velloziaceae são pequenas e numerosas (Garcia & Diniz 2003; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Silva 2010; Mota & Garcia 2012).

Embora a maioria das espécies de Velloziaceae apresente flores vistosas, a família é pouco explorada do ponto de vista ornamental, principalmente pela dificuldade de

cultivo e pelo crescimento lento das plantas (Souza & Lorenzi 2012). As sementes das Velloziaceae estudadas até o momento (Ayensu 1973; Menezes 1977; Garcia & Diniz 2003; Garcia; Jacobi & Ribeiro 2007, Garcia & Oliveira 2007; Zaidan & Carreira 2008; Silva 2010; Mota & Garcia 2012; Silva 2010) germinam facilmente, no entanto, o problema crucial, para um possível cultivo dessas espécies, é como manter as mudas vivas até a maturidade (Alves 1994). Segundo o autor, a falha no desenvolvimento dessas plantas pode estar ligada à incapacidade de se conseguir reproduzir precisamente, em laboratório, as condições de campo nas quais as espécies crescem, já que muitas delas são endêmicas e crescem em locais inacessíveis, adaptadas a condições xéricas extremas (Kubitzki, 1998). Mesmo em seu ambiente, indivíduos juvenis de Velloziaceae são raramente observados (Alves 1994).

Se os campos rupestres, dominados por espécies de *Vellozia*, devem ser preservados é urgente a necessidade de um maior entendimento sobre as condições ambientais necessárias para a germinação e subsequente crescimento das populações juvenis (Alves & Kolbek 2010). Considerando a alta taxa de endemismo presente entre as Velloziaceae, a ameaça de extinção pela ação das atividades antrópicas em seu hábitat natural e a necessidade de estudos que possam contribuir para o manejo e a consequente conservação dessas espécies, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento germinativo de doze espécies de *Vellozia*, dos campos rupestres brasileiros, de modo a acrescentar novas informações aos estudos relacionados à germinação, ainda escassos para a família.

## **Material e Métodos**

Foram coletados frutos maduros de 4-5 indivíduos de espécies de *Vellozia* no Parque Estadual do Biribiri (Minas Gerais), Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais) e no município de Cocalzinho de Goiás - GO (Tab. 1). As exsicatas estão depositadas no Herbarium Uberlandense da Universidade Federal de Uberlândia (HUFU). As sementes foram removidas dos frutos, selecionadas e armazenadas em frascos de vidro fechados e mantidos à temperatura ambiente. A semeadura das sementes das espécies coletadas no Parque Estadual do Biribiri foi realizada um ano após as coletas, e das sementes das espécies coletadas na Serra do Cipó e em Cocalzinho de Goiás, menos de um mês após a coleta.

Para a obtenção das medidas das sementes secas e embebidas por 48 horas, foram utilizadas amostras de trinta sementes para cada espécie. As medidas foram feitas com o paquímetro digital DIGIMESS e, devido ao formato irregular das sementes, o comprimento (mm) foi considerado como a maior distância entre as extremidades. Foram calculadas a média aritmética e o desvio-padrão, para cada caso.

As sementes foram previamente lavadas com água destilada, semeadas sobre papel filtro umedecido e mantidas em câmara úmida – Câmaras de Emanuelli (Araújo & Ranal 2005). Uma amostra de 50 sementes foi utilizada para cada espécie. Em cada câmara úmida foram adicionados 15 ml de água destilada, de modo a manter a umidade adequada para a germinação.

O experimento foi instalado em câmara de germinação Seedburo Equipment Company MPG-2000, sob temperaturas que oscilaram entre  $26,02 \pm 0,35$  °C e  $26,82 \pm 0,83$  °C (média  $\pm$  desvio padrão) e luz branca fluorescente contínua com irradiância média de  $11,88 \pm 6,26$   $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

As observações foram realizadas a cada 24 horas, de acordo com o horário da semeadura. Foram consideradas embebidas as sementes cujas dimensões aumentaram e germinadas, aquelas que apresentaram uma protuberância emergindo dos envoltórios, de acordo com o critério botânico estabelecido por Labouriau (1983). As sementes consideradas germinadas foram retiradas e transferidas para uma segunda câmara, onde foram separadas por data. Após a germinação da última semente, o experimento continuou sendo avaliado por mais uma semana.

Para avaliar o comportamento germinativo, foram calculadas as seguintes medidas de germinação: a) Germinabilidade ( $G$ ) ou porcentagem de germinação (Labouriau 1983); b) Tempo médio de germinação ( $\bar{t}$ ), calculado pela expressão proposta por Labouriau (1983); c) Velocidade média de germinação ( $\bar{v}$ ) (Labouriau 1970); d) Coeficiente de variação do tempo de germinação ( $CV_t$ ), proposto por Ranal e Santana (2006); e) Incerteza ( $I$ ), proposta por Labouriau e Valadares (1976); f) Sincronia ( $Z$ ) de germinação (Ranal & Santana 2006).

As medidas foram calculadas utilizando o programa Microsoft Office Excel e a planilha com os cálculos intermediários para a obtenção das medidas do processo de germinação foi baseada no modelo proposto em Ranal *et al.* (2009).

Para o teste de identificação de substâncias fenólicas nas sementes, foi utilizado o cloreto férrico 10% (Johansen 1940).

**Tabela 1 – Lista de espécies de *Vellozia* Vand., local de coleta e número de registro no Herbarium Uberlandense (HUFU).**

Espécies	Localidade/Coordenadas/Altitude	Nº de registro no HUFU
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl	PEB - 18° 59'26"S; 48° 18'13" W; 1030 m	60.747
<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	PEB - 18° 11'97"S; 43° 37'45"W; 1147 m	60.739
<i>Vellozia barbata</i> Goethart & Henrard	PEB - 18° 11'97"S; 43° 37'45"W; 1147 m	60.738
<i>Vellozia</i> aff. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	PEB - 18° 11'97"S; 43° 37'45"W; 1147 m	-
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.743
<i>Vellozia glabra</i> J.C. Mikan	PNSci - 19°13'14,2"S;43°29'55,2"W; 1341 m	-
<i>Vellozia hirsuta</i> Goethart & Henrard	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.744
<i>Vellozia intermedia</i> Seub.	PEB - 18°11'03"S; 43° 32' 63"W; 1300 m	60.737
<i>Vellozia minima</i> Pohl.	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.745
<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.742
<i>Vellozia</i> sp.1	PEB - 18°11'03"S; 43° 32' 63"W; 1300 m	60.750
<i>Vellozia</i> sp. 2	Município de Cocalzinho de Goiás (GO) - 15°49'58"S; 48°40'25"W; 1267 m	63.051

## Resultados

As espécies estudadas apresentam sementes pequenas, com tamanho variando entre  $2,25 \pm 0,36$  mm e  $2,66 \pm 0,37$  mm para *V. aloifolia* e *V. hirsuta*, respectivamente, e  $0,67 \pm 0,18$  mm a  $1,00 \pm 0,17$  mm para *V. barbata* e *V. fibrosa*, respectivamente (Tab. 2).

Durante a embebição, as sementes de *V. barbata*, *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. intermedia*, *V. glabra* e *Vellozia* sp.1 liberaram uma substância de coloração amarelada e sem odor no papel de filtro (Fig. 1), a qual reagiu positivamente com o teste de cloreto férrico. Além disso, houve uma leve diminuição no tamanho dessas sementes (Tab. 2), durante esse período.

**Tabela 2 – Tamanho das sementes de *Vellozia* Vand. (média ± desvio padrão).**

Espécie	Tamanho (mm)	
	Seca (n = 30)	Embebida (n = 30)
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl	2,21 ± 0,31	2,28 ± 0,29
<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	2,25 ± 0,36	2,25 ± 0,42
<i>Vellozia barbata</i> Goethart & Henrard	0,67 ± 0,18	0,70 ± 0,23
<i>Vellozia</i> aff. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	1,07 ± 0,17	1,01 ± 0,17
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard	1,00 ± 0,17	0,97 ± 0,20
<i>Vellozia glabra</i> J.C. Mikan	1,44 ± 0,23	1,41 ± 0,24
<i>Vellozia hirsuta</i> Goethart & Henrard	2,66 ± 0,37	2,51 ± 0,33
<i>Vellozia intermedia</i> Seub.	1,62 ± 0,30	1,59 ± 0,31
<i>Vellozia minima</i> Pohl	-	-
<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	1,40 ± 0,21	1,36 ± 0,19
<i>Vellozia</i> sp. 1	1,51 ± 0,27	1,58 ± 0,36
<i>Vellozia</i> sp. 2	-	-

As sementes de todas as espécies estudadas são preferencialmente fotoblásticas e apresentam, de modo geral, alta germinabilidade (entre 62 e 100%), com exceção de *V. fibrosa*, *V. minima* e *V. resinosa*, que exibiram porcentagens de germinação abaixo de 34% (Tab. 3).

Dentre as espécies analisadas, as sementes de *V. intermedia* e *Vellozia* sp. 1 foram as primeiras a germinar (tempo inicial de 3 dias de embebição) e as mais tardias o fizeram com 8 dias de embebição (*V. albiflora*, *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. glabra* e *V. resinosa* (Tab. 3).

O tempo médio de germinação foi menor para as sementes de *V. intermedia* e *Vellozia* sp.1, que exibiram, respectivamente, velocidades médias de germinação mais altas (Tab. 3). Sementes de *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. resinosa* e *V. glabra* apresentaram as menores velocidades médias de germinação e, conseqüentemente, os maiores valores de tempo médio de germinação (Tab. 3).

A distribuição da frequência relativa de germinação, em função do tempo, para as sementes de *V. albiflora* (Fig. 2), *V. aloifolia* (Fig. 3), *V. hirsuta* (Fig. 8), *V. minima* (Fig. 10) e *Vellozia* sp.2 (Fig. 13), mostrou picos de germinação entre o 5º e o 10º dia após a semeadura. *Vellozia intermedia* (Fig. 9), e *Vellozia* sp.2 (Fig. 13) exibiram, respectivamente, picos de germinação entre o 3º e o 10º dia. *Vellozia* aff. *epidendroides* (Fig. 5) e *V. glabra* (Fig. 7) apresentaram vários picos de germinação; porém, alternando porcentagens de germinação maiores e menores em cada um deles, o que aumentou o intervalo de tempo entre a primeira e última germinação.

**Tabela 3 – Medidas de germinação para as sementes de espécies de *Vellozia* Vand.**

<b>Espécies</b>	<b>G</b> (%)	<b>t<sub>0</sub></b> (dias)	<b>t<sub>f</sub></b> (dias)	$\bar{t}$ (dias)	<b>CVt</b> (%)	$\bar{v}$ (dia <sup>-1</sup> )	<b>I</b> (bits)	<b>Z</b>
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl	70	8	15	9,42	19,12	0,10	2,13	0,25
<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	90	4	13	6,55	25,09	0,15	1,88	0,28
<i>Vellozia barbata</i> Goethart & Henrard	88	5	15	8,29	33,35	0,12	2,47	0,18
<i>Vellozia</i> aff. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	62	8	32	14,74	44,09	0,06	3,39	0,08
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard	34	5	35	10,94	66,26	0,09	2,48	0,16
<i>Vellozia glabra</i> J.C. Mikan	88	8	34	13,54	50,00	0,07	3,24	0,11
<i>Vellozia hirsuta</i> Goethart & Henrard	94	5	12	7,89	19,27	0,12	2,12	0,28
<i>Vellozia intermedia</i> Seub.	100	3	8	4,76	18,77	0,21	1,70	0,33
<i>Vellozia minima</i> Pohl	14	6	9	7,00	18,44	0,14	1,37	0,33
<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	28	8	27	14,00	46,54	0,07	2,95	0,06
<i>Vellozia</i> sp.1	98	3	12	5,40	37,15	0,18	2,23	0,25
<i>Vellozia</i> sp. 2	98	5	16	7,65	24,67	0,13	2,38	0,20

**G = germinabilidade; t<sub>0</sub> = tempo inicial de germinação; t<sub>f</sub> = tempo final de germinação;  $\bar{t}$  = tempo médio de germinação; CVt = coeficiente de variação do tempo;  $\bar{v}$  = velocidade média de germinação; I = incerteza; Z = sincronia**

As espécies estudadas formaram dois grupos quanto aos valores de coeficiente de variação do tempo de germinação. Sementes de *V. barbata*, *V. fibrosa*, *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. glabra*, *V. resinosa*, *Vellozia* sp. 1 (Tab. 3) apresentaram coeficientes de variação do tempo mais altos, caracterizando o processo de germinação dessas sementes como heterogêneo em relação ao tempo, o que pode ser observado também por meio da distribuição da frequência relativa de germinação (Fig. 4, 6, 5, 7, 11, 12) respectivamente. Sementes de *V. albiflora*, *V. aloifolia*, *V. minima*, *V. hirsuta*, *V. intermedia* e *Vellozia* sp. 2 exibiram valores menores para o coeficiente de variação do tempo de germinação (Tab. 3), apresentando assim, o processo de germinação mais homogêneo em relação ao tempo (Fig. 2, 3, 10, 8, 9 e 13).

Sementes de *Vellozia* aff. *epidendroides* (Fig. 5) e *V. glabra* (Fig. 7), apresentaram, respectivamente, os valores de incerteza mais altos (Tab. 3), exibindo um processo germinativo espalhado no tempo, o que resultou em baixa sincronia (Tab. 3),

indicando que a germinação ocorreu de forma assincrônica. Sementes de *V. intermedia* (Fig. 9) e *V. minima* (Fig. 10) apresentaram, respectivamente, os menores valores de incerteza (Tab. 3), gerando valores mais altos de sincronia e, conseqüentemente, um processo germinativo mais concentrado no tempo.

## Discussão

As sementes das espécies de *Vellozia* estudadas são pequenas, o que também foi observado por Garcia & Diniz (2003), Garcia *et al.* (2007), Garcia & Oliveira (2007), Silva (2010), Mota & Garcia (2012). Segundo Moles *et al.* (2005) o tamanho da semente afeta vários aspectos de sua ecologia, relacionando-se diretamente com o seu comportamento germinativo (Moles *et al.* 2007) e sua longevidade no solo (Thompson *et al.* 1993). Sementes pequenas, como as de Velloziaceae, possuem poucos recursos armazenados e assim, requerem condições definidas para germinar, entre as quais, luz e temperaturas específicas (Garcia & Oliveira 2007; Mota & Garcia 2012).

A substância liberada pelas sementes de *V. barbata*, *Vellozia aff. epidendroides*, *V. intermedia*, *V. glabra* e *Vellozia sp.1*, durante o processo germinativo, pode estar relacionada com a perda de material das mesmas (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010), visto que essas sementes apresentaram uma leve redução de tamanho. Essa substância poderia ser um inibidor de germinação, como por exemplo, um composto fenólico, o que estaria influenciando no espalhamento no tempo da germinação dessas espécies, visto nos gráficos de distribuição da frequência relativa de germinação. Segundo Bewley & Black (1994), os compostos fenólicos e seus derivados presentes no tegumento da semente de várias espécies, podem inibir a germinação ou ainda, quando essas substâncias percolam o solo, inibem a germinação de sementes próximas. No entanto, apenas a análise bioquímica detalhada do secretado poderia confirmar a sua natureza.

As sementes das espécies estudadas são preferencialmente fotoblásticas e apresentam, de modo geral, alta germinabilidade (acima de 60%), mesmo após um ano da coleta. Essas características germinativas, associadas ao tamanho pequeno das sementes, favorecem a longevidade das mesmas no solo, o que sugere o potencial das sementes de *Vellozia* para formar bancos de sementes persistentes (Garcia & Oliveira 2007).



As sementes de *V. albiflora*, *V. aloifolia*, *V. barbata*, *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. glabra*, *V. hirsuta*, *V. intermedia*, *Vellozia* sp. 1 e *Vellozia* sp. 2 exibiram alta germinabilidade (acima de 60%), o que também foi observado para as sementes de *V. gigantea*, *V. glandulifera* e *V. variabilis* (Garcia & Diniz 2003), *V. leptopetala* e *V. epidendroides* (Garcia et al. 2007), *Vellozia flavicans* (Silva 2010) e *V. aloifolia*, *V. ciliata*, *V. glauca*, *V. hatschbachii*, *V. hirsuta*, *V. maxillarioides*, *V. minima*, *V. ornata*, *V. pusilla*, *V. resinosa*, *V. seubertiana*, *V. spiralis* e *V. stenocarpa* (Mota & Garcia 2012).

No entanto, *V. fibrosa*, *V. minima* e *V. resinosa* exibiram porcentagens mais baixas de germinação (abaixo de 40%), resultado oposto ao encontrado para essas duas últimas espécies, por Mota & Garcia (2012). O resultado diferente encontrado pelas autoras pode estar relacionado com o fato das sementes terem sido semeadas logo após a coleta, e as usadas neste trabalho, semeadas após um ano. As sementes que apresentaram baixa germinabilidade, também produziram plântulas pouco vigorosas, o que foi observado apenas para aquelas espécies que durante o período das coletas, apresentavam poucos frutos disponíveis, o que pode estar relacionado com o final do período de dispersão, quando as melhores já sementes haviam sido dispersas.

O fotoblastismo e a alta germinabilidade em temperaturas entre 25°C e 30°C são também frequentes para sementes de outras famílias dos campos rupestres, como Eriocaulaceae e Xyridaceae (Kraus et al. 1994; Scatena et al. 1996; Garcia & Oliveira 2007). A fotodormência observada nas sementes de espécies de Velloziaceae, Eriocaulaceae e Xyridaceae pelos autores, associada ao tamanho reduzido dessas sementes, indica adaptação das mesmas a ambientes expostos a altas luminosidades e a amplas flutuações de temperatura, características ambientais comuns nos campos rupestres. Embora essas características sejam indicativas de adaptação a esse tipo de ambiente, elas não podem ser interpretadas como as únicas causas para o alto grau de endemismo observado para as Velloziaceae dos campos rupestres (Garcia & Oliveira 2007). Para as *Vellozia*, a diversidade de condições climáticas e edáficas encontradas nos campos rupestres parecem ter um papel mais crucial para o estabelecimento das plântulas e, conseqüentemente, para a distribuição das espécies, do que os requisitos necessários para a germinação das sementes (Mota & Garcia 2012).

Os maiores valores de velocidade média de germinação foram observados para *V. intermedia* e *Vellozia* sp.1 e conseqüentemente, os menores tempo médio de germinação, essa correlação também foi observada para espécies de outras famílias de Monocotiledôneas, como Xyridaceae (Kraus et al. 1994; Abreu & Garcia 2005) e

Eriocaulaceae (Kraus *et al.* 1996; Oliveira & Garcia 2005). A germinação rápida é característica de espécies cuja estratégia é se estabelecer no ambiente o mais rápido possível ou quando oportuno, como a ocorrência de chuvas, aproveitando as condições favoráveis ao desenvolvimento de um novo indivíduo (Borghetti & Ferreira 2004). No entanto, esses autores lembram ainda que essa estratégia pode não favorecer o estabelecimento de uma espécie, se as suas sementes germinarem em resposta à chuva errática e isolada durante a estação seca. Para as *Vellozia*, esse fato poderia ser compensado pela produção de muitas sementes, com longevidade superior à pelo menos um ano, como observado nesse estudo.

*Vellozia aloifolia*, *V. barbata*, *Vellozia aff. epidendroides*, *V. fibrosa*, *V. glabra*, *V. resinosa*, *Vellozia* sp.1 e *Vellozia* sp. 2 apresentaram coeficiente de variação do tempo mais altos, e o processo de germinação heterogêneo em relação ao tempo, além de valores altos de incerteza. Silva (2010) observou comportamento germinativo semelhante para *Vellozia flavicans*. O comportamento germinativo exibido pelas sementes das espécies de *Vellozia* citadas sugere que as mesmas apresentam dormência relativa, e somente uma fração das sementes viáveis germina em determinadas condições (Labouriau 1983). Segundo o autor, esse caráter é adaptativo, tanto para espécies de regiões onde o clima exhibe estações regulares e contrastantes, como para aquelas espécies de regiões onde o clima apresenta forte irregularidade, pois aumenta a probabilidade de sobrevivência, permitindo que, ao menos para algumas sementes, a germinação ocorra em condições que permitam a sobrevivência das plântulas.

Espécies que apresentam sementes dormentes tendem a estabelecer bancos de sementes persistentes, isto é, aqueles cujo recrutamento ocorre de forma bastante espalhada no tempo (Borghetti & Ferreira 2004). Segundo esses autores, a formação desse tipo de banco de sementes é comum em formações savânicas, desertos e ambientes que apresentam estresses, como estação seca e/ou imprevisíveis ou ainda com eventos como queimadas, características essas comuns aos campos rupestres onde as *Vellozia* estudadas ocorrem.

*Vellozia albiflora*, *V. hirsuta*, *V. intermedia* e *V. minima* exibiram valores menores de coeficiente de variação do tempo de germinação com um processo de germinação mais homogêneo em relação ao tempo e, portanto, com valores menores de incerteza e altos valores de sincronia. Isso significa que, essas sementes não têm dormência e podem germinar assim que forem liberadas. No entanto, as chances de formarem banco de sementes são menores e o risco de extinção local pode aparecer se elas estiverem em

uma região que esteja sendo alterada por ação antrópica ou pelas mudanças climáticas globais. Se houver alguma alteração pontual a safra toda também pode ficar comprometida.

As sementes das espécies de *Vellozia* analisadas apresentam características e comportamento germinativo semelhantes ao descrito para as outras Velloziaceae: são sementes pequenas, preferencialmente fotoblásticas, apresentam alta germinabilidade em temperatura ao redor de 26 °C, mesmo para sementes semeadas um ano após a coleta. O processo germinativo heterogêneo e espalhado no tempo, encontrado para as sementes de *Vellozia aloifolia*, *V. barbata*, *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. fibrosa*, *V. glabra*, *V. resinosa*, *Vellozia* sp.1 e *Vellozia* sp. 2, indica a presença de dormência relativa. Essas características germinativas sugerem o potencial para a formação de bancos persistentes, além de adaptação às condições ambientais encontradas nos campos rupestres.

## Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor, ao Prof. Dr. Renato Mello-Silva, da Universidade de São Paulo (USP) pela identificação das espécies.

## Referências Bibliográficas

- Abreu, M.E.P. & 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 Brasilica** **19(1)**: 149-154.
- Araújo, E. A. P. & Ranal, M.A. 2005. Câmara úmida para germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas (Câmara de Emanuéli). PI0520543-3 A2, **Instituto Nacional de Produção Intelectual**.
- Alves, R.J.V. 1994. Morphological age determination and longevity in some *Vellozia* populations in Brazil. **Folia Geobotanica & Phytotaxonomica** **29(1)**: 55-59.
- Alves, R.J.V. & Kolbek, J. 2010. Vegetation strategy of *Vellozia crinita* (Velloziaceae). **Biologia** **65(2)**: 254-264.

- Ayensu, E.S. 1973. Biological and morphological aspects of the Velloziaceae. **Biotropica** **5**(3): 135-149.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. New York, Plenum Press.
- Borghetti, F. & Ferreira, A.G. 2004. Interpretação de resultados de germinação. Pp. 209-222. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Garcia, Q.S. & Diniz, I.S.S. 2003. Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó, MG. **Acta Botanica Brasilica** **17**(4): 487-494.
- Garcia, Q.S.; Jacobi, C.M.; Ribeiro, B.A. 2007. Resposta germinativa de duas espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**(2): 451-456.
- Garcia, Q.S. & Oliveira, P.G. 2007. Germination patterns and seed longevity of Monocotyledons from the Brazilian campos rupestres. **Seed Science Biotechnology** **1**: 35-41.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique**. New York, McGraw Hill Book Co. Inc.
- Kraus, J.E.; Sajo, M.G.; Dias-Leme, C.L. & Wanderley, M.G.L. 1994. Aspectos morfológicos do desenvolvimento pós-seminal em espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae). **Hoehnea** **21**(1/2): 29-38.
- Kraus, J.E.; Scatena, V.L.; Lewinger, M.E. & Sá 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.
- Kubitzki, K. 1998. Velloziaceae. In: Kubitzki, K. (ed.). **The Families and Genera of Vascular Plants Vol. III: Flowering Plants, Monocotyledons, Liliaceae (except Orchidaceae)**. Berlin, Springer.
- Labouriau, L.G. 1970. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. I. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **42**: 235-262.
- Labouriau, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- Labouriau, L.G. & Valadares, M.B. 1976. On the germination of seeds of *Calotropisprocera* Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **48**: 263-284.
- Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber. 1989. **The Germination of Seeds**. Oxford, Pergamon Press.
- Mello-Silva, R. 1996. Two new species of *Vellozia* (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society** **120**(3): 257-263.

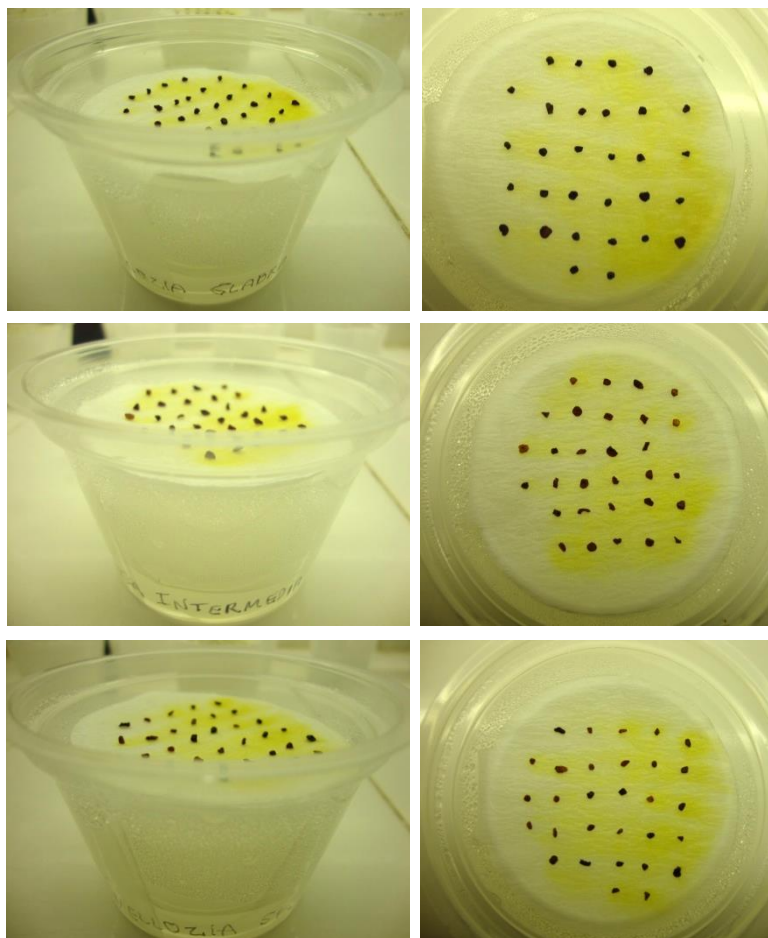
- Mello-Silva, R. 2000. Partial cladistic analysis of *Vellozia* and characters for the phylogeny of Velloziaceae. Pp. 505-522. In: Wilson, K.I. & Morrison, D.A. (Eds.). **Monocots: Systematics and Evolution**. Melbourne, CSIRO.
- Mello-Silva, R. 2004. Velloziaceae. Pp. 490-491. In: Nathan Smith *et al.* **Flowering plants of the neotropics**. Princeton, Princeton University Press.
- Mello-Silva, R. 2005. Morphological analysis, phylogenies and classification in Velloziaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society 148**: 157-173.
- Mello-Silva, R. 2012. *Velloziaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB015114>).
- Menezes, N.L. 1977. Aspectos morfológicos e anatômicos do desenvolvimento de plântulas de Velloziaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 5**: 65-76.
- Mendes-Rodrigues, C.; Araújo, F.P.; Barbosa-Souza, C.; Barbosa-Souza, V.; Ranal, M.A.; Santana, D. G.; Oliveira, P. E. 2010. Multiple dormancy and maternal effect on *Miconia ferruginata* (Melastomataceae) seed germination, Serra de Caldas Novas, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica 33**(1): 93-105.
- Moles, A.T.; Ackerly, D.D.; Webb, C.O.; Tweddle, J.C.; Dickie, J.B.; Westoby, M. 2005. A brief history of seed size. **Science 307**: 576-580.
- Moles, A.T.; Ackerly, D.D.; Tweddle, J.C.; Dickie, J.B.; Smith, R.; Leishman, M.R.; Mayfield, M.M.; Pitman, A.; Wood, J.T.; Westoby, M. 2007. Global patterns in seed size. **Global Ecology and Biogeography 16**: 109-116.
- Mota, L.A.S. & Garcia, Q. 2012. Germination patterns and ecological characteristics of *Vellozia* seeds from high-altitude sites in South-eastern Brazil, **Seed Science Research**: 1-8.
- 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.
- Ranal, M.A. & Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica 29**(1): 1-11.
- Ranal, M.A.; Santana, D.G.; Ferreira, W. R.; Mendes-Rodrigues, C. 2009. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. **Revista Brasileira de Botânica 32**(4): 849-855.
- \*Silva, S.A. 2010. **Germinação e aspectos morfoanatômicos do desenvolvimento pós-seminal de *Vellozia flavicans* Mart. ex Schult. f. (Velloziaceae)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- Silva, I.V. & Scatena, V.L. 2011. Morfologia de sementes e de estádios iniciais de plântulas de espécies de Bromeliaceae da Amazônia. **Rodriguésia 62**(2): 263-272.
- Souza, L.A. 2003. **Morfologia Anatomia Vegetal: Célula, tecidos, órgãos e plântula**. Ponta Grossa, Editora UEPG.

- Sert, M.A.; Bonato, C.M.; Souza, L.A. 2009. Germinação da semente. Pp: 91-118. In: Souza, L.A. (org.). **Sementes e plântulas: Germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa, Toda Palavra.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2012. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa, Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda.
- Thompson, K.; Band, S.R.; Hodgson, J.G. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. **Functional Ecology** **67**: 893-921.
- Zaidan, L.B.P. & Carreira, R.C. 2008. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **20**(3): 167-181.

---

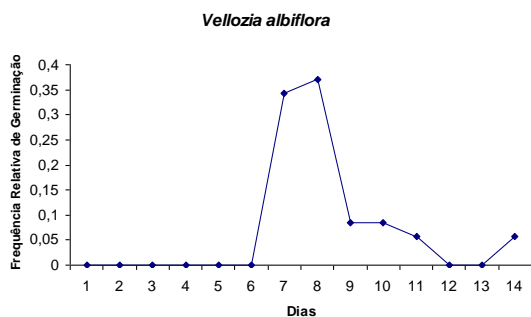
\* Até o momento da publicação dos trabalhos resultantes da Dissertação, esse trabalho deverá estar publicado.

## **Ilustrações**

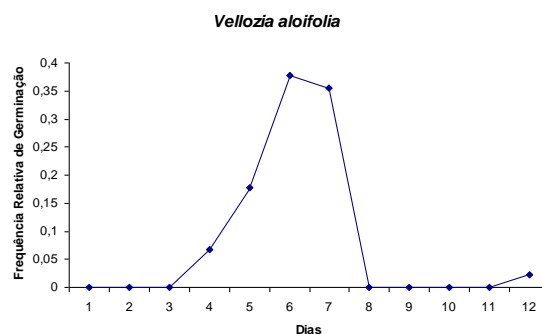


**Figura 2.** Sementes embebidas por 48 horas. Fig. a-b: ***Vellozia glabra***; Fig. c-d: ***Vellozia intermedia***; Fig. e-f: ***Vellozia* sp.1.**

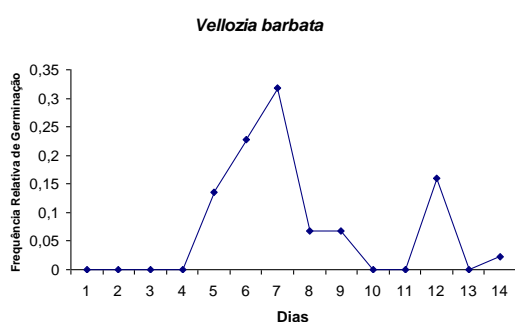




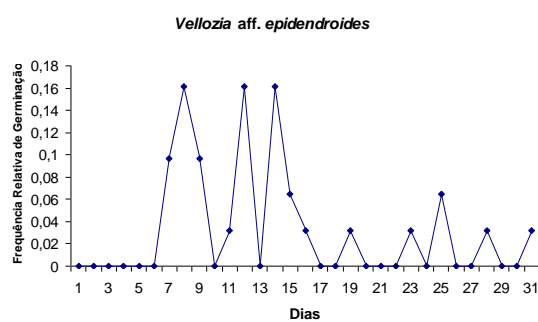
2



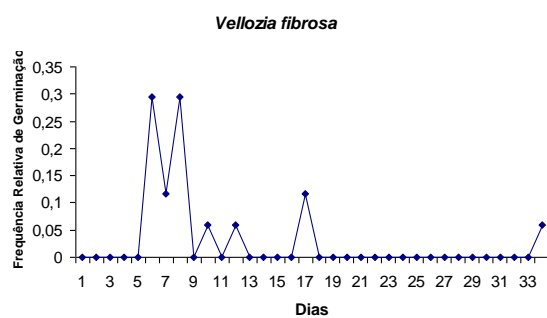
3



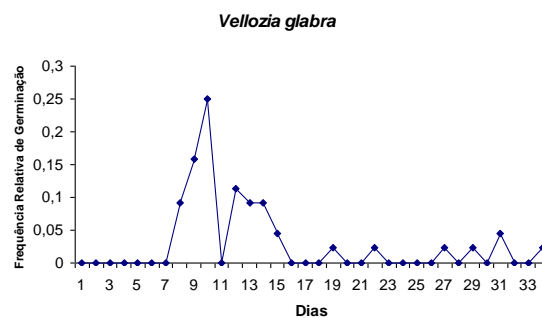
4



5

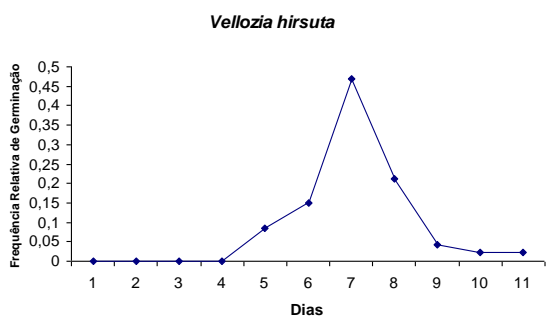


6

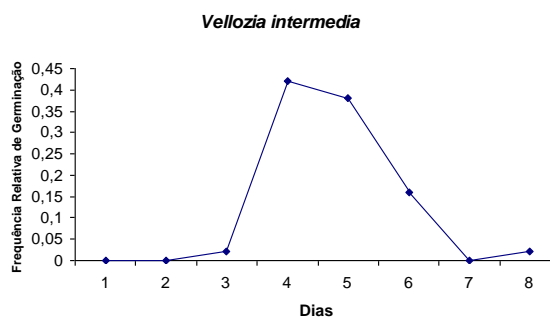


7

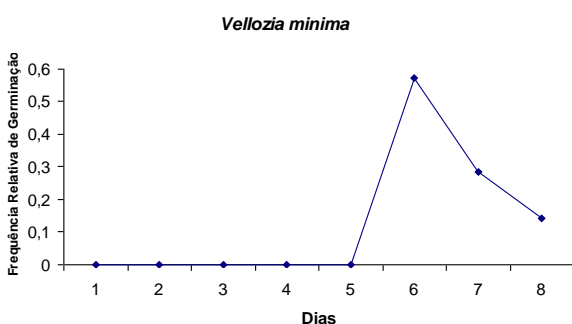
**Figuras 2-7** - Frequência relativa de germinação em função do tempo, das sementes de espécies *Vellozia* Vand. analisadas. Fig. 2 *Vellozia albiflora*; Fig. 3 *Vellozia aloifolia*; Fig. 4 *Vellozia barbata*; Fig. 5 *Vellozia aff. epidendroides*; Fig. 6 *Vellozia fibrosa*; Fig. 7 *Vellozia glabra*.



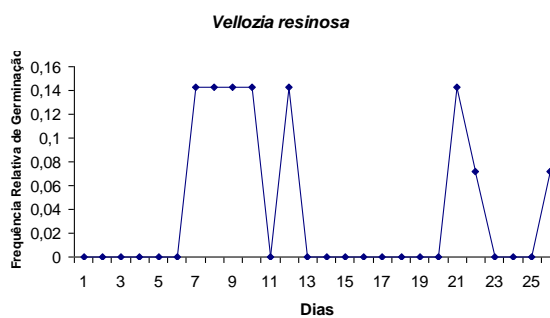
8



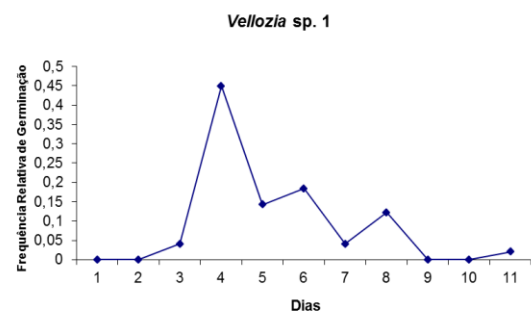
9



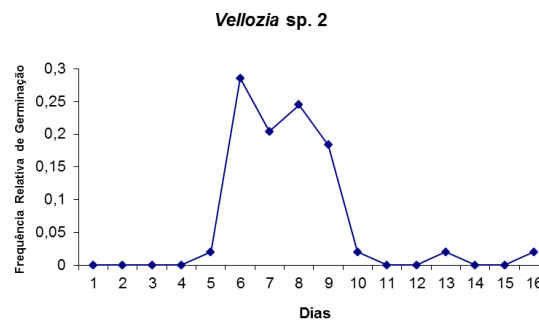
10



11



12



13

**Figuras 8-13** - Frequência relativa de germinação em função do tempo, das sementes de espécies *Vellozia* Vand. Fig. 8 *Vellozia hirsuta*; Fig. 9 *Vellozia intermedia*; Fig. 10 *Vellozia minima*; Fig. 11 *Vellozia resinosa*; Fig. 12 *Vellozia sp. 1*; Fig. 13 *Vellozia sp. 2*.

## **CAPÍTULO 2**

**Morfoanatomia do desenvolvimento pós-seminal de espécies de  
*Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros**

**Trabalho a ser submetido à revista *Acta Botanica Brasilica***

## Morfoanatomia do desenvolvimento pós-seminal de espécies de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros<sup>1</sup>

---

Shelka Alcântara da Silva<sup>2, 3</sup> e Neuza Maria de Castro<sup>2</sup>

### RESUMO

(Morfoanatomia do desenvolvimento pós-seminal de espécies de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros). As características morfológicas de plântulas de Monocotiledôneas têm sido utilizadas como ferramenta para entender a evolução e aperfeiçoar a sistemática de vários grupos. O objetivo do trabalho foi caracterizar o desenvolvimento pós-seminal de espécies de *Vellozia* Vand. dos campos rupestres de Minas Gerais e Goiás, descrevendo aspectos morfoanatômicos das sementes, plântulas e plantas jovens. Sementes foram semeadas em Câmaras de Emanuéli e o experimento instalado em câmara de germinação sob luz e temperatura controladas. Os dados morfoanatômicos foram obtidos utilizando técnicas usuais. As sementes são pequenas ( $0,67\pm 0,18$  a  $2,66\pm 0,37$  mm), bitegmentadas. O embrião é pequeno e exibe um único feixe vascular no cotilédone. A germinação inicia-se com a protrusão da base do cotilédone e da radícula e a plântula é criptocotiledonar. A raiz primária é persistente e forma raízes laterais. Eofilo e metafilo são semelhantes. A vascularização da plântula é reduzida. As *Vellozia* estudadas apresentaram caracteres morfoanatômicos semelhantes durante o desenvolvimento pós-seminal, o que reforça a identidade do gênero.

**Palavras-chave:** anatomia, morfologia, plântula, semente, Velloziaceae

---

### ABSTRACT

(Post-seminal development of species of *Vellozia* Vand. from brazilian campos rupestres). Seedling morphology has been used as tools for the systematics improvement of various groups of plants, providing better understanding of their evolutionary process. The aim of this

---

1. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro Autor

2. Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Caixa postal 590, 38.400-902 - Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

3. Autor para correspondência: shelka.alcantara@yahoo.com.br

study was to characterize the seeds and to describe the post-seminal developmental morphology and anatomy of some *Vellozia* Vand. species from the "campos rupestres" of Minas Gerais and Goiás and to describe the morphological aspects of seeds, seedlings and young plants. The seeds were sown in Emanuelli chambers and the experiment was installed in germination chamber under controlled light and temperature. The morphological and anatomical data were obtained using the usual techniques. The seeds are small, bitegumented. The embryo is small and exhibits a single vascular bundle in the cotyledon. Germination begins with the protrusion of the cotyledon's base and radicle and the seedling is criptocotylar. The primary root is persistent and forms lateral roots. Eophyll and methaphyll are similar. Seedling vascularization is reduced. The *Vellozia* exhibited similar morphological and anatomical characters during the post-seminal development, which reinforces the genera identity.

**Key-words:** anatomy, morphology, seed, seedling, Velloziaceae

## Introdução

As Velloziaceae pertencem ao grupo das Monocotiledôneas e estão incluídas na ordem Pandanales (APG III 2009). A família é relativamente pequena e apresenta cerca de 250 espécies, reunidas em duas subfamílias: Vellozioideae e Barbacenioidae de distribuição predominantemente neotropical, sendo os campos rupestres brasileiros o seu centro de diversidade (Mello-Silva 2005). Segundo o autor, a família apresenta cinco gêneros – *Barbacenia*, *Talbotia*, *Vellozia*, *Xerophyta* e *Acanthochlamys* e no Brasil, ocorrem apenas *Barbacenia* e *Vellozia*, com aproximadamente 200 espécies, várias delas endêmicas (Souza & Lorenzi 2012; Mello-Silva 2012).

*Vellozia* Vand. é o maior da família, com aproximadamente 140 espécies (Ayensu 1973; Mello-Silva 1996), que geralmente apresentam hábito arbustivo xerofítico, podendo alcançar até 6 m de altura, como *V. gigantea* N. L. Menezes & Mello-Silva ou exibir um porte reduzido, de apenas 5 cm, como *V. minima* Pohl. (Mello-Silva 2004). As *Vellozia* possuem caule ramificado, as folhas são persistentes ou caducas, as flores são perfeitas e exibem um perianto tubular (Kubitzki 1998). Os frutos são cápsulas (Mello-Silva 2000; Sousa 2005) e as sementes são numerosas e pequenas (Garcia & Diniz 2003; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Silva 2010; Mota & Garcia 2012).

Apesar de existir uma longa tradição sobre o estudo de plântulas de Monocotiledôneas, são poucos os trabalhos que tratam do desenvolvimento pós-seminal de Velloziaceae (Boyd 1932; Ayensu 1973; Menezes 1977; Tillich 1995, 2007). Segundo Kraus *et al.* (1994), os estudos de germinação e desenvolvimento de plântulas de espécies de Monocotiledôneas se concentram principalmente naquelas consideradas economicamente importantes. Mais recentemente, vários autores têm ressaltado que as características morfológicas das plântulas de Monocotiledôneas podem ser utilizadas também, como ferramenta para entender a evolução e aperfeiçoar a sistemática do grupo estudado (Tillich 1995, 2000, 2007; Pereira *et al.* 2008; Nakamura & Scatena 2009) e as informações sobre as plântulas de vários grupos têm aumentado consideravelmente (Tillich 1995, 2000, 2007; Pereira *et al.* 2008; Nakamura & Scatena 2009). Ao discutir os caracteres ancestrais e derivados das Monocotiledôneas Tillich (2000) menciona algumas características morfológicas de plântulas de *Barbacenia*, *Talbotia*, *Vellozia*, *Pleurostima* e *Xerophyta*, no entanto, o autor acredita que as Velloziaceae ainda apresentam dados escassos, quanto ao desenvolvimento pós-seminal, situação que permanece até o momento.

A anatomia da plântula de espécies de Velloziaceae ainda é menos conhecida. Dos poucos trabalhos encontrados na literatura, Boyd (1932) descreveu brevemente a plântula de *Vellozia elegans* e Menezes (1977) estudou as plântulas de *Barbacenia purpurea* Hook, *Vellozia candida* Mikan, *Xerophyta plicata* Spreng., *Barbacenia flava* Mart. ex Schult., *Vellozia glabra* Mikan, *Vellozia nanuzae* L. B. Smith & Ayensu e *Barbacenia spectabilis* L. B. Smith, relatando a existência de um cotilédone foliáceo e a atrofia da raiz primária. Mais recentemente, Silva (2010), estudando *Vellozia flavicans*, menciona que a plântula é semicriptocotiledonar e permanece ligada à semente, exibindo um cotilédone haustorial. A autora relata que, até o final do experimento (40<sup>o</sup> dia), a raiz primária não degenera e ocorre a formação de raízes laterais.

Devido à escassez de dados para Velloziaceae, o objetivo do trabalho foi estudar o desenvolvimento pós-seminal de espécies de *Vellozia* e descrever a morfoanatomia das sementes, visando levantar caracteres importantes para a taxonomia do grupo.

## Material e Métodos

As sementes das espécies de *Vellozia* foram retiradas de frutos maduros coletados de 4-5 indivíduos, no Parque Estadual do Biribiri (Minas Gerais), Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais) e no município de Cocalzinho de Goiás (GO) (Tab. 1). As sementes foram selecionadas, com o auxílio de microscópio estereoscópico e, aquelas mal formadas foram eliminadas, as demais foram armazenadas em frascos de vidro fechados e mantidas em temperatura ambiente.

Foram descritos o tamanho (ver Capítulo I), a coloração, aparência externa e o formato da semente.

Para o estudo do desenvolvimento pós-seminal, uma amostra de 100 sementes foi utilizada para cada espécie. As sementes, previamente lavadas com água destilada, foram semeadas sobre papel filtro umedecido e mantidas em Câmara de Emanueli – câmaras úmidas (Araújo & Ranal 2005). Em cada câmara úmida foram semeadas 50 sementes e adicionados 15 ml de água destilada, de modo a manter a umidade adequada para a germinação. O experimento foi instalado em câmara de germinação Seedburo Equipment Company MPG-2000, sob temperaturas que oscilaram entre  $26,02 \pm 0,35$  °C e  $26,82 \pm 0,83$  °C (média  $\pm$  desvio padrão) e luz branca fluorescente contínua com irradiância média de  $11,88 \pm 6,26$   $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

**Tabela 1 – Lista de espécies de *Vellozia* Vand., local de coleta e número de registro no Herbarium Uberlandense (HUFU).**

<b>Espécies</b>	<b>Localidade/Coordenadas/Altitude</b>	<b>Nº de registro no HUFU</b>
* <i>Vellozia albiflora</i> Pohl	PEB - 18° 59'26"S; 48° 18'13" W; 1030 m	60.747
<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	PEB - 18° 11'97"S; 43° 37'45"W; 1147 m	60.739
<i>Vellozia barbata</i> Goethart & Henrard	PEB - 18° 11'97"S; 43° 37'45"W; 1147 m	60.738
<i>Vellozia</i> aff. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	PEB - 18° 11'97"S; 43° 37'45"W; 1147 m	-
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.743
<i>Vellozia glabra</i> J.C. Mikan	PNSci - 19°13'14,2"S;43°29'55,2"W; 1341 m	-
* <i>Vellozia hirsuta</i> Goethart & Henrard	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.744
* <i>Vellozia intermedia</i> Seub.	PEB - 18°11'03"S; 43° 32' 63"W; 1300 m	60.737
* <i>Vellozia minima</i> Pohl.	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.745
<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	PEB - 18° 10'72"S; 43° 37'16" W; 1087 m	60.742
<i>Vellozia</i> sp.1	PEB - 18°11'03"S; 43° 32' 63"W; 1300 m	60.750
* <i>Vellozia</i> sp. 2	Município de Cocalzinho de Goiás (GO) - 15°49'58"S; 48°40'25"W; 1267 m	63.051

**\* Espécies para as quais foi feita a anatomia da plântula.**

A ruptura do envoltório da semente pela base do cotilédone e a radícula foi o critério usado para definir a germinação (Souza 2009).

O desenvolvimento das plântulas foi observado de dois em dois dias, e as amostras representativas das diferentes fases de desenvolvimento foram fixadas, por 24-48 horas, em FGAA (formaldeído 37%, glutaraldeído 25%, ácido acético glacial e álcool etílico 95%, 1:1 v/v) (Lersten & Curtis 1988) e mantidas sob refrigeração. Após a fixação, as amostras foram conservadas em etanol 50%.

Para as descrições morfológicas e a ilustração dos caracteres, foram utilizadas as plântulas e plantas jovens que se apresentavam mais vigorosas. Os aspectos morfológicos foram registrados por meio de ilustrações feitas com o auxílio do estereomicroscópio óptico Leica MZ6, equipado com câmara clara. Foi considerada como plântula a fase do desenvolvimento que se estende desde a germinação consumada da semente até a completa expansão do eófilo e planta jovem a fase que se inicia com a expansão do metafilo. A terminologia adotada para a descrição das plântulas e plantas jovens foi baseada em Tillich (1995, 2000) e (Souza 2009).



Para a análise anatômica qualitativa, foram escolhidas as seguintes espécies: *V. albiflora*, *V. hirsuta*, *V. intermedia*, *V. minima*, e *Vellozia* sp. 2. Amostras previamente fixadas, de sementes em protrusão, plântulas e plantas jovens, com idades variando entre 3-30 dias após o início do experimento, foram desidratadas em série etílica e incluídas em historesina Leica ®, segundo orientação do fabricante.

O material foi seccionado transversal e longitudinalmente, em micrótomo rotativo - Leica RM2135, com 6-8 µm de espessura, corado com azul de toluidina em tampão fosfato (O'Brien Feder; MCCully 1965) e as lâminas histológicas foram montadas em resina sintética, Entelan ®. Os resultados foram documentados com fotomicrografias capturadas com câmera fotográfica digital Olympus DP70, acoplada ao microscópio óptico Olympus BX51 e os softwares DP Manager (version 2,1,1,163) e DP Controller (version 2,1,1,183) da Olympus Corporation.

## Resultados

As espécies de *Vellozia* estudadas formam numerosas sementes por cápsula. As sementes são pequenas, às vezes, diminutas (ver Tab. 2 do Capítulo 1) e apresentam formato variando de aproximadamente arredondadas em *V. barbata* (Fig. 1-2), *V. glabra* (Fig. 3-4) e *V. minima* (Fig. 5) a piramidal, em *V. hirsuta* (Fig. 6) e *V. albiflora* (Fig. 7) ou tetraédrico, em *Vellozia* sp.1. Em uma mesma espécie também se observou diferenças quanto ao formato das sementes. O tegumento exibe coloração variando entre cinza em *V. albiflora* e *V. hirsuta*, castanho claro em *V. aloifolia*, castanho avermelhado em *V. barbata*, *V. fibrosa*, *Vellozia* sp. 1, *Vellozia* sp.2 e castanho escuro, em *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. glabra*, *V. mínima* e *V. resinosa* e, com a superfície, geralmente irregular (Tab. 2).

A germinação das espécies estudadas inicia-se entre 3-10 dias de embebição (Tab. 3), com o rompimento do tegumento da semente e a exposição da base do cotilédone e da radícula (Fig. 9-12).

A plântula das espécies analisadas é criptocotiledonar, e parte do cotilédone permanece no interior da semente, mantendo função haustorial, enquanto está ligado à plântula através de um curto pecíolo cotiledonar (Fig. 8-50).

**Tabela 2 – Características morfológicas das sementes de *Vellozia* Vand. estudadas**

Espécie	Forma	Tegumento	
		Cor	Superfície
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl	piramidal	castanho -cinza claro	rugosa
<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	tetraédrica	castanho claro	rugosa
<i>Vellozia barbata</i> Goethart & Henrard	tetraédrica	castanho avermelhado	rugosa
<i>Vellozia</i> aff. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	arredondada	castanho escuro	aveolada
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard	piramidal	castanho avermelhado	faveolada
<i>Vellozia glabra</i> J.C. Mikan	tetraédrica	castanho escuro	rugosa
<i>Vellozia hirsuta</i> Goethart & Henrard	piramidal	cinzenta	rugosa
<i>Vellozia intermedia</i> Seub.	tetraédrica a arredondada	castanho (amarelado a avermelhado)	rugosa
<i>Vellozia minima</i> Pohl.	arredondada	castanho escuro	rugosa
<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	tetraédrica a piramidal	castanho escuro	rugosa
<i>Vellozia</i> sp. 1	piramidal	castanho avermelhado	rugosa
<i>Vellozia</i> sp. 2	cuneiforme	castanho avermelhado	rugosa

Cerca de 5-8 dias após o início do experimento, todas as espécies analisadas apresentavam um colar de tricomas longos delimitando a região do colo da plântula (Fig. 10-18), enquanto a raiz primária, de formato cônico, ainda permanecia curta (Fig. 10-11 e 14-18). O hipocótilo é curto em todas as espécies, exceto *Vellozia* sp. 2 que o apresenta aparentemente mais alongado (Fig. 18). Logo no início do crescimento da plântula, o hipocótilo apresenta uma acentuada curvatura para baixo (Fig. 12-13).

As plântulas apresentam a bainha cotiledonar membranácea protegendo a gema (Fig. 19-26). Em seguida, a bainha se abre no ápice, permitindo a expansão do eofilo, e o formato dessa abertura varia de arredondado, em *V. albiflora*, *V. aloifolia* (Fig. 23), *V. barbata* (Fig. 27), *Vellozia* aff. *epidendroides*, *V. fibrosa*, *V. glabra* (Fig. 21), *V. hirsuta*, *V. intermedia* (Fig. 20), *V. minima* (Fig. 19), *V. resinosa*, *Vellozia* sp.1, à ligeiramente alongado, em *Vellozia* sp.2 (Fig. 22, 24, 25). A bainha cotiledonar e o pecíolo cotiledonar tornam-se clorofilados e fotossintetizantes, por volta de 6-8 dias após o início do experimento.

**Tabela 3.** Cronograma do desenvolvimento pós-seminal das espécies de *Vellozia* Vand., germinadas em câmara de germinação (dias após o início do experimento).

<b>Espécie</b>	<b>Germinação</b>	<b>Colar de Tricomas</b>	<b>Abertura da bainha</b>	<b>Raiz Primária</b>	<b>Eofilo</b>	<b>2ª. folha</b>	<b>Raiz adventícia</b>	<b>3ª. folha</b>	<b>4ª. folha</b>	<b>Raízes laterais</b>
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl	5	8	8-10	8	10	15	15	20	30	-
<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	3-4	5	8	8	8	15	20	20	30	-
<i>Vellozia barbata</i> Goethart & Henrard	5	8	8	12	12	18	18	25	30	-
<i>Vellozia</i> aff. <i>epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	10	1	15	15	15	20	20	30	30	-
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard	6	10	10	10	10	18	18	25	25	-
<i>Vellozia glabra</i> J.C. Mikan	7	13	13	18	18	25	25	25	38-40	-
<i>Vellozia hirsuta</i> Goethart & Henrard	5	6-7	8	8	8	12	12	15	25	40
<i>Vellozia intermedia</i> Seub.	3	5	8	8	8	18	15	25	30	-
<i>Vellozia minima</i> Pohl.	5	8	8	10	11	20	25	30	-	-
<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	6	10	10	10	10	15	15	20	25	40
<i>Vellozia</i> sp.1	4	6	6	10	10	18	18	25	30-40	40
<i>Vellozia</i> sp. 2	5-6	8	10	10	12	18	18	25	-	-

O eofilo, também clorofilado, começa a aparecer na fenda da bainha cotiledonar (Fig. 19-21, 23-26) por volta de 6-10 dias após o início do experimento (Tab. 3). Logo no início de sua expansão se observa uma pequena diferença entre o eofilo das espécies estudadas. Apesar de lanceolado em todas elas, a lâmina foliar é estreitamente lanceolada em *V. barbata* (Fig.27), *Vellozia* aff. *epidendroides* (Fig. 35), *V. fibrosa*, *V. minima* (Fig. 34), e *V. resinosa*, enquanto que nas demais espécies a lâmina foliar é ligeiramente mais larga, como visto em *V. albiflora* (Fig. 28), *V. aloifolia* (Fig. 29), *Vellozia* sp. 2 (Fig. 30-31), *V. hirsuta* (Fig. 33), *V. intermedia* (Fig. 37) e *V. glabra* (Fig. 42).

O metafilo começa a surgir entre 12-18 dias após o início do experimento (Fig. 30-35, 37, 38). O mesmo padrão de formato e proporção, entre o comprimento e a largura, observados para o eofilo permanece para o metafilo, que, portanto é morfologicamente idêntico, em cada espécie.

A raiz primária começa a apresentar um desenvolvimento notável entre 8-10 dias do início do experimento e, geralmente, apresenta numerosos pelos radiciais (Fig. 20, 21, 24-29). Ao mesmo tempo em que ocorre a expansão do metafilo, começam a surgir as raízes adventícias na maioria das espécies, como visto em *Vellozia* sp. 2 (Fig. 30), *V. aloifolia* (Fig. 32), *V. hirsuta* (Fig. 33), *Vellozia* aff. *epidendroides* (Fig. 36), *V. barbata* (Fig. 38), *V. minima* (Fig. 39), *Vellozia* sp.2 (Fig. 40-41), *V. glabra* (Fig. 42), *V. barbata* (Fig. 43) e *V. albiflora* (Fig. 44). Até o final das observações, entre 30-40 dias do início do experimento, a raiz primária estava presente em todas as plântulas, bem como, todas as plântulas ainda se encontravam presas na semente, pelo pecíolo cotiledonar, como visto em *Vellozia* aff. *epidendroides* (Fig. 36), *Vellozia* sp. 2 (Fig. 41), *V. albiflora* (Fig. 44), *V. resinosa* (Fig. 45), *V. hirsuta* (Fig. 46-47, 50), *V. barbata* (Fig. 48), *Vellozia* sp. 1 (Fig. 49). Por volta do 40º dia, as raízes laterais começaram a surgir, a partir da raiz primária, em *V. resinosa* (Fig. 45), *V. hirsuta* (Fig. 46-47) e *Vellozia* sp.1 (Fig. 49).

A semente das *Vellozia* estudadas é bitegmentada. As células da exotesta são grandes e arredondadas, de paredes com espessamentos espiralados em *Vellozia albiflora* (Fig. 53), *V. hirsuta* (Fig. 54) e *Vellozia* sp.2 (Fig. 55). Em *V. intermedia*, as células da exotesta são pequenas, achatadas tangencialmente e também exibem paredes delgadas (Fig. 58 - detalhe). A endotesta em *V. hirsuta* (Fig. 54) e *V. intermedia* (Fig. 58 - detalhe) é formada por células menores, achatadas tangencialmente e de paredes delgadas.

As células do exotégmen em *V. albiflora* (Fig. 51-53), *V. hirsuta* (Fig. 54), *Vellozia* sp.2 (Fig. 55) e *V. intermedia* (Fig. 58 - detalhe) são pequenas, achatadas

tangencialmente e suas paredes são espessadas. Em todas as espécies, as células do endotégmen variam de tamanho, exibem paredes delgadas e coram de azul esverdeado com o azul de toluidina, como visto em *V. albiflora* (Fig. 53) e *V. hirsuta* (Fig. 54). Apesar de não documentado, em *V. minima* as camadas do tegumento seminal aparecem colapsadas e também coraram fortemente com o azul de toluidina.

Cortes transversais da semente madura evidenciam que, em todas elas, o tecido de reserva apresenta duas regiões distintas: a camada de aleurona, periférica, que exhibe células arredondadas com paredes levemente espessadas, como se vê em *V. albiflora* (Fig. 53 - CA) e *V. hirsuta* (Fig. 54 - CA) e sob ela, o restante do endosperma é formado por células arredondadas, de tamanhos variados e paredes delgadas (Fig. 51-60).

O embrião de *Vellozia* é pequeno e completamente envolvido pelo tecido de reserva. O único cotilédone é revestido por uma protoderme unisseriada, formada por células levemente alongadas anticlinalmente, como observado em *V. albiflora* (Fig. 52-53), *Vellozia* sp. 2 (Fig. 56) e *V. intermedia* (Fig. 59-60), enquanto as demais células são aproximadamente isodiamétricas. No centro do cotilédone, é possível observar um único feixe vascular (Fig. 51-52, 56, 59).

Com três dias de embebição, algumas sementes de *V. intermedia* já estão iniciando o processo de germinação, com a base do cotilédone e a radícula rompendo os tegumentos seminais (Fig. 58-60). A figura 59 mostra um corte longitudinal mediano do embrião de *V. intermedia*, onde se observa a vascularização do cotilédone. Nesta fase é possível visualizar a região da plúmula envolvida pela bainha cotiledonar (seta) e a radícula (Fig. 60 - Ra).

Secções de sementes de *V. hirsuta*, com cinco dias de embebição, evidenciam o início do processo de germinação, que também nesta espécie ocorre com a base do cotilédone rompendo os tegumentos seminais (Fig. 57). Em todas as espécies analisadas, assim que os tegumentos são rompidos, o hipocótilo em crescimento começa a se curvar, como se vê em *V. hirsuta* (Fig. 57).

O pecíolo cotiledonar que liga a plântula em desenvolvimento à porção haustorial do cotilédone – hiperfilo, que permanece no interior da semente, é formado por células parenquimáticas, revestidas por epiderme unisseriada (Fig. 62, 64, 85-86) e apresenta no centro, um feixe vascular conectando a plântula à porção haustorial do cotilédone (Fig. 64, 85 - seta).

Nas figuras 61-63, que representam cortes transversais de uma plântula de *V. intermedia* de 8 dias após o início do experimento, nota-se também a bainha

cotiledonar que protege o ápice caulinar com eofilo em expansão. Chama-se a atenção para a presença dos três cordões procambiais no eofilo de *V. intermedia* (Fig. 63). A bainha cotiledonar pode ser vista no corte longitudinal de uma plântula de *V. minima* de 20 dias de experimento (Fig. 77) e, como o pecíolo cotiledonar, é formada por células parenquimáticas, revestidas por epiderme unisseriada (Fig. 62-63, 66-69).

Como já mencionado, logo no início do desenvolvimento (5-8 dias), as plântulas apresentam um colar de tricomas longos e unisseriados - pelos radiciais - delimitando a região do colo (RC) (Fig. 64, 68 - TL). Durante este período inicial, a raiz primária é bem curta e, em cortes longitudinais da plântula de *V. albiflora*, é possível observar que esta raiz é exógena e o ápice radicular exibindo os três meristemas apicais: protoderme (Pr), procâmbio (Pc) e o meristema fundamental (MF), além da coifa bem definida (Fig. 64-65).

As figuras 70-71 ilustram a raiz primária em *V. albiflora* e de *V. minima* (Fig. 72) em diferentes fases do desenvolvimento. Em todas elas, a anatomia é simples, e a raiz apresenta a epiderme unisseriada (Ep), formada por células grandes, arredondadas, de paredes finas e vários pelos radiciais, e o córtex com 4-6 camadas de células parenquimáticas. Em *V. albiflora*, plântulas de 30 dias após o início do experimento e, em *V. minima*, plântulas de 20 dias após o início do experimento, já se percebe a exoderme, com as paredes levemente espessadas e lignificadas (Fig. 71-72 - Ex). A endoderme também é bem visível (Fig. 71 e 72 - Ed). O cilindro vascular é reduzido com apenas dois polos de xilema alternando com o floema (Fig. 71 e 72).

O eofilo expandido apresenta epiderme unisseriada, com células arredondadas de paredes levemente espessadas (Fig. 74-76, 78). O mesofilo é homogêneo, formado por células maiores, arredondadas e de paredes delgadas (Fig. 74-76, 78). *Vellozia intermedia* (Fig. 74-76) e *V. minima* (Fig. 78) apresentam feixes de fibras na região marginal. O sistema vascular exhibe três feixes vasculares colaterais, como visto em *V. intermedia* (Fig. 74, 76), exceto em *V. minima*, que apresenta apenas um feixe vascular central (Fig. 78). Chama-se a atenção para a presença de pequenas fendas na face abaxial do eofilo de *V. minima* (Fig. 78).

A anatomia do metafilo é semelhante à do eofilo. Em cortes transversais de plantas jovens de *V. intermedia*, se observa que os metafilos exibem três feixes vasculares, porém os feixes de fibras marginais já estão maiores que os vistos no eofilo (Fig. 75). A figura 75 mostra ainda, as fibras dos feixes vasculares a partir do segundo metafilo.

As figuras 79-82 destacam a formação endógena do primórdio da primeira raiz adventícia de *V. minima*, a partir do periciclo. As figuras 84-87 mostram uma raiz adventícia, em *V. intermedia*, desde a região caulinar (Fig. 84) até chegar ao córtex da raiz primária (Fig. 85-86) e, na figura 87 podemos ver, em detalhe, a raiz adventícia diferenciada onde se nota a exoderme (Ex), formada por duas camadas de células de paredes fortemente espessadas e lignificadas.

A figura 88, que representa um corte longitudinal da plântula de *V. intermedia* de 18 dias após o início do experimento, mostra a continuidade da vascularização da plântula entre as raízes, região caulinar e as folhas.

## Discussão

As espécies de *Vellozia* estudadas possuem sementes pequenas, de formato variado e, mesmo uma única espécie apresenta pequena variação quanto ao tamanho e a forma de suas sementes. A coloração do tegumento varia de cinza a tons de castanho. As medidas, formato e coloração das sementes analisadas estão de acordo com o descrito na literatura para sementes de Velloziaceae (Ayensu 1973; Mello-Silva 2000; Garcia & Diniz 2003; Garcia *et al.* 2007; Garcia & Oliveira 2007; Silva 2010; Mota & Garcia 2012). O heteromorfismo observado entre as sementes de uma mesma espécie é causado por fatores relacionados à planta-mãe, como a posição da semente no fruto, que influencia na cor, formato ou tamanho e, portanto, a capacidade de germinação das sementes (Debeaujon *et al.* 2007).

Muitas vezes a coloração e textura do tegumento são características diagnósticas para espécies, mas nem sempre podem ser utilizadas taxonomicamente, pois podem apresentar variações, como resultado da influência ambiental e genética durante o desenvolvimento (Bewley & Black 1994).

A plântula das espécies de *Vellozia* estudadas é criptocotiledonar, como também mencionado por Tillich (1995, 2000). O cotilédone das *Vellozia* analisadas é compacto, como mencionado por Tillich (1995, 2000) para outras Velloziaceae, e segundo o autor, este tipo de cotilédone é comum em sementes endospermicas como as das *Vellozia* analisadas. O cotilédone compacto caracteriza-se por apresentar uma bainha curta (hipofilo) e sem apêndices e um hiperfílo também curto e completamente haustorial, do tipo 4a (Tillich 2000) que permanece envolvido pela semente. As plântulas das poucas Velloziaceae estudadas até o momento (Menezes 1977; Tillich 1995, 2000; Silva 2010) são deste mesmo tipo (Menezes 1977; Silva

2010), exceto *Xerophyta viscosa* Baker, uma espécie africana revivescente, de ambiente extremamente árido, que apresenta hiperfilo do tipo alongado (Tillich 2000). Segundo Garwood (1996), o cotilédone haustorial é responsável pela absorção e transferência de reservas do endosperma para a plântula em crescimento.

O cotilédone compacto com um hiperfilo completamente haustorial deve representar o estado ancestral e a função haustorial é considerada ancestral, quando comparada com a de armazenamento (Tillich 2000). A inserção de um segmento alongado assimilador entre a bainha e o haustório, segundo o autor, é um estado derivado.

O hipocótilo é um eixo bem curto nas espécies analisadas, exceto em *Vellozia* sp. 2, onde é aparentemente mais alongado. O hipocótilo reduzido é uma característica comum em plântulas de Monocotiledôneas (Tillich 2000, 2007; Souza 2009), exceto para aquelas que sofreram estiolamento (Tillich 2000). No entanto, não se acredita que o leve alongamento observado em *Vellozia* sp. 2 seja devido ao estiolamento, visto que as plântulas de todas as espécies analisadas foram mantidas em câmara de germinação, sob condições controladas e idênticas.

O colar de tricomas longos formado na base do hipocótilo, delimitando a região do colo, logo no início do desenvolvimento das plântulas de *Vellozia*, foi denominado por Tillich (2000) de colar de rizóides. Segundo o autor, esta é uma característica evolutiva derivada que aumentaria as chances de estabelecimento da plântula no ambiente, pois desempenha o papel de mantê-la em firme contato com o substrato, ajudando na absorção de água e íons, enquanto os pelos radiciais ainda estão em formação. No entanto, por se tratarem também de pelos radiciais, acreditamos que o termo tricomas longos seria o mais adequado.

O eofilo é clorofilado e possui formato lanceolado em todas as espécies. Tillich (2000, 2007) afirma que a produção de eofilo com atividade fotossintética é considerada um caráter derivado para as Monocotiledôneas. Nas espécies estudadas, eofilo e metafilo exibiram morfologia semelhante. Geralmente, o eofilo é mais simples em formato e menor que o metafilo (Tillich 2007).

A permanência da raiz primária durante todo o período de observação (40 dias), em todas as espécies analisadas, também foi observada por Boyd (1932) em *Vellozia elegans*. Tillich (1995, 2000) também menciona sua permanência para alguns gêneros de Monocotiledôneas, onde a raiz primária cresce vigorosa, desenvolve numerosas raízes laterais e sobrevive por mais de uma estação. Porém, Menezes (1977) não relata esse padrão de desenvolvimento para as espécies por ela



analisadas e relatou a atrofia da raiz primária logo no início do desenvolvimento pós-seminal dessas Velloziaceae.

Tillich (1995, 2000) menciona que a presença da raiz primária em Monocotiledôneas é sem dúvida, uma condição ancestral para o grupo. A redução da ramificação, do crescimento e do período de permanência dessa raiz primária podem ser interpretadas como características derivadas, onde o último passo evolutivo seria a completa ausência da raiz primária (Tillich 1995, 2000), como observado em representantes de Tillandsioideae (Scatena *et al.* 2006; Silva & Scatena 2011).

Nas espécies de *Vellozia* estudadas, a semente é bitementada e, provavelmente, a testa e o tégmen são bisseriados, características também observadas para outras sementes de Velloziaceae (Boyd 1932; Ayensu 1973; Menezes 1977; Sousa 2005). De acordo com Menezes (1976), Castro (1998) e Sousa (2005) a testa é derivada do tegumento externo do óvulo e o tégmen tem origem a partir do tegumento interno.

Em *V. albiflora*, *V. hirsuta* e *Vellozia* sp. 2, as células da exotesta são grandes e arredondadas, suas paredes apresentam espessamentos espiralados. Essas espécies se encaixam em um dos grupos descritos por Mello-Silva (1996, 2000), quanto ao tipo de testa da semente, que inclui aquelas espécies que apresentam a exotesta com células com reforços espiralados nas paredes e que são amareladas ou cinéreas. Sousa (2005) relata os mesmos resultados para *V. hirsuta*, bem como, Silva (2010) para *Vellozia flavicans*.

As demais características observadas na testa e no tégmen das espécies estudadas estão de acordo com o descrito para outras espécies de Velloziaceae (Ayensu 1973; Sousa 2005).

Em todas as sementes analisadas, o endotégmen cora de azul esverdeado com o azul de toluidina, o que sugere a presença de substâncias fenólicas, como também visto por Sousa (2005) e Silva (2010). Os compostos fenólicos podem agir como inibidores da germinação e provavelmente possuem um papel regulatório na germinação, bem como, nos mecanismos de defesa contra os predadores (Mayer & Poljakoff-Mayber 1989). De acordo com Bewley & Black (1994), o tegumento é de considerável importância para a semente, pois geralmente, é a única barreira protetora entre o embrião e o ambiente externo.

As sementes das espécies de *Vellozia* analisadas provavelmente são endospermicas, como também mencionado por Castro (1998) e Sousa (2005). Aparentemente, apresentam uma camada de aleurona, periférica, como mencionado por Sousa (2005), para *Aylthonia gentianoides*, *Barbacenia flava*, *B. bishopii*,

*Burlemarxia pungens*, *B. spiralis*, *Nanuza plicata*, *Pleurostima nuda*, *V. epidendroides*, *V. hirsuta* e *Xerophyta minima*. A mesma camada foi observada em *V. flavicans* por Silva (2010). A presença da camada periférica de aleurona é uma característica comumente encontrada em cariopses de cereais, onde o endosperma é amiláceo e os grãos de aleurona se restringem apenas à camada mais externa (Beltrati & Paoli 2004).

Nas espécies de *Vellozia* estudadas, o embrião é pequeno e completamente envolvido pelo tecido de reserva, como também observado por Menezes (1977) e Souza (2005). O cotilédone é revestido pela protoderme unisseriada e um único feixe vascular ocupa posição central, características estas também relatadas por Boyd (1932) e Menezes (1977). Segundo Boyd (1932) e Menezes (1977), a presença de um único feixe vascular no cotilédone das Monocotiledôneas pode ser considerado um caráter primitivo, pela não formação de outros feixes, ou ainda, um caráter derivado pela redução de vários feixes.

Em *Vellozia intermedia* e *Vellozia hirsuta*, cortes transversais de sementes no início do processo de germinação revelaram que os tegumentos são rompidos pela base do cotilédone e a radícula, o que também foi observado em *Vellozia flavicans* (Silva 2010).

A raiz primária das espécies estudadas tem origem exógena e as raízes adventícias, origem endógena a partir do periciclo, como mencionado por Tillich (1995, 2000) e Silva (2010). Ambas as raízes exibem uma anatomia simples, durante o início do desenvolvimento, com o cilindro vascular reduzido. A vascularização reduzida em plântulas de Velloziaceae também foi observada por Boyd (1932) e Menezes (1977). Boyd (1932) menciona que a redução na vascularização observada em Velloziaceae, encontra paralelo entre plântulas de formas epífitas, e pode ser atribuída ao seu hábito xerofítico. No entanto, Menezes (1977) menciona que além do xerofitismo, a primitividade poderia estar relacionada com a redução da vascularização observada nessas espécies.

Como mencionado, o eofilo de *V. minima* e *V. intermedia* apresenta mesofilo homogêneo, pequenos feixes de fibras na margem e um número reduzido de feixes vasculares, como também observado em *V. flavicans* (Silva 2010). A anatomia do eofilo e dos primeiros metafílos em *Vellozia* é bem mais simples que a anatomia foliar, de indivíduos adultos, observada por Ayensu (1974), Mello Silva (1990, 1993, 2000), Freitas Neto (2009) entre outros. Em *V. intermedia*, nem mesmo as fendas da face abaxial, onde ocorrem os estômatos, vistas nos indivíduos adultos, estão presentes na plântula e na planta jovem. Trabalhando com propagação e cultivo *in*

*vitro* de *V. flavicans*, Freitas Neto (2009) menciona que as folhas das plantas cultivadas *in vitro* não apresentavam feixes de fibras subepidérmicas, fendas na face abaxial, nem parênquima aquífero, e a cutícula era mais delgada, que as observadas, tanto nas plantas já aclimatizadas como nas plantas de campo.

Em *V. intermedia*, como também observado em *V. flavicans* (Silva 2010), à medida que novos metafilos vão surgindo, o número de feixes vasculares aumenta, começa a diferenciação das calotas de fibras desses feixes, bem como, os feixes de fibras marginais aumentam de tamanho. Isto nos leva a pensar em uma seguinte situação hipotética: no campo, provavelmente as plântulas com maior chance de sobrevivência seriam aquelas que tivessem germinado em microambientes mais protegidos como, por exemplo, entre as fendas de rochas ou sob elas, desde que suficientemente iluminados. Esses ambientes seriam mais úmidos, e assim, mesmo com as primeiras folhas ainda sem as características adaptativas contra a perda de água, comuns nas folhas dos indivíduos adultos, as plântulas e plantas jovens estariam mais protegidas das temperaturas diurnas elevadas.

As plântulas das *Vellozia* são criptocotiledonares, possuem um cotilédone compacto e o hiperfilo haustorial, que exhibe um único feixe vascular. Considerando os caracteres ancestrais e derivados mencionados por Tillich (2000) para plântulas de Monocotiledôneas, as *Vellozia* se encaixam no nível intermediário. Apesar de apresentar cotilédone compacto, o qual apresenta um hiperfilo curto, considerado primitivo, o eofilo é foliáceo e fotossintetizante, caráter considerado derivado.

## Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor, ao Prof. Dr. Renato Mello-Silva, da Universidade de São Paulo (USP), pela identificação das espécies.

## Referências Bibliográficas

- APG - Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** **161**: 105-121.
- Araújo, E.A.P. & Ranal, M.A. 2005. Câmara úmida para germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas (Câmara de Emanuelli). PI0520543-3 A2, **Instituto Nacional de Produção Intelectual**.

- Ayensu, E.S. 1973. Biological and morphological aspects of the Velloziaceae. **Biotropica** **5**(3): 135-149.
- Beltrati, C.M. & Paoli, A.A.S. 2004. Semente. Pp. 399-424. In: Appezzato-da-Glória, B. & Carmelo-Guerreiro, S.M. (eds.). **Anatomia Vegetal**. Viçosa, Editora UFV.
- Boyd, L. 1932. Monocotylous seedlings: Morphological studies in the post-seminal development of the embryo. **Transactions and Proceedings of the Botanical Society Edinburgh** **31**: 5-224.
- Castro, N.M. 1998. **Desenvolvimento do óvulo e aspectos da biologia da reprodução de espécies de Velloziaceae da Serra do Cipó (MG)**. 121 f. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Debeaujon, I.; Lepiniec, L.; Pourcel, L.; Routaboul, J-M. 2007. Seed coat development and dormancy. Pp. 25-49. In: Bradford, K. & Nonogaki, H. (Ed.) **Seed development, Dormancy and Germination, Annual Plant Reviews, Vol. 27**. Oxford, Blackwell.
- Freitas Neto, O.G. 2009. **Micropropagação e anatomia foliar de Canela-de-Ema (*Vellozia flavicans* Mart. ex Schult f. – Velloziaceae) em diferentes condições ambientais**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília, Distrito Federal.
- Garcia, Q.S. & Diniz, I.S.S. 2003. Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó, MG. **Acta Botanica Brasilica** **17**(4): 487-494.
- Garcia, Q.S.; Jacobi, C.M.; Ribeiro, B.A. 2007. Resposta germinativa de duas espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**(2): 451-456.
- Garcia, Q.S. & Oliveira, P.G. 2007. Germination patterns and seed longevity of Monocotyledons from the Brazilian campos rupestres. **Seed Science Biotechnology** **1**: 35-41.
- Garwood, N.C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. Pp. 59-129. In: Swaine, M.D. (ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris, Man and the Biosphere series.
- Kraus, J.E.; Sajo, M.G.; Dias-Leme, C.L. & Wanderley, M.G.L. 1994. Aspectos morfológicos do desenvolvimento pós-seminal em espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae). **Hoehnea** **21**(1/2): 29-38.
- Kubitzki, K. 1998. Velloziaceae. In: Kubitzki, K (ed.). **The Families and Genera of Vascular Plants Vol. III: Flowering Plants, Monocotyledons, Liliaceae (except Orchidaceae)**. Berlin, Springer.
- Labouriau, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- Lersten, N.R. & Curtis, J.D. Secretory reservoirs (ducts) of two kinds in giant ragweed (*Ambrosia trifida*, Asteraceae). **American Journal of Botany** **75**(9): 1.313-23, 1988.
- Mello-Silva, R. 1990. Morphological and anatomical differentiation of *Vellozia hirsuta* populations (Velloziaceae). **Plant Systematics and Evolution** **173**: 197-208.

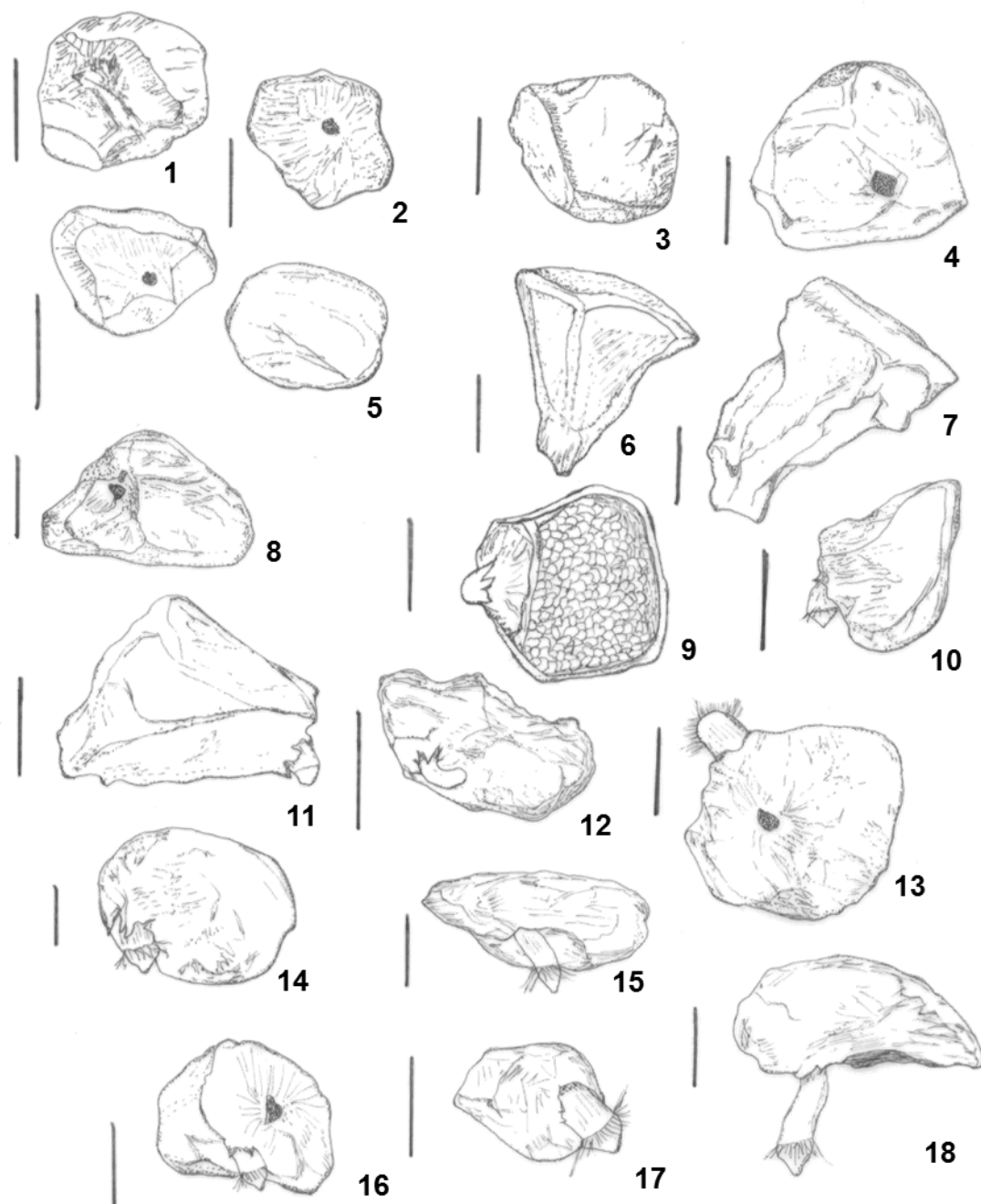
- Mello-Silva, R. 1993. Three new species of *Vellozia* from the Pico das Almas, Bahia, Brazil, with an account of their leaf anatomy. **Kew Bulletin** **48**(1): 1-8.
- Mello-Silva, R. 1996. Two new species of *Vellozia* (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society** **120**(3): 257-263.
- Mello-Silva, R. 2000. Partial cladistic analysis of *Vellozia* and characters for the phylogeny of Velloziaceae. Pp. 505-522. In: Wilson, K.I. & Morrison, D.A. (Eds.). **Monocots: Systematics and Evolution**. Melbourne, CSIRO.
- Mello-Silva, R. 2004. Velloziaceae. Pp. 490-491. In: Nathan Smith *et al.* **Flowering plants of the neotropics**. Princeton, Princeton University Press.
- Mello-Silva, R. 2005. Morphological analysis, phylogenies and classification in Velloziaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **148**: 157-173.
- Mello-Silva, R. 2012. *Velloziaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB015114>).
- Menezes, N.L. 1976. Megasporogênese, Megagametogênese e embriogênese em Velloziaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **4**: 41-60.
- Menezes, N.L. 1977. Aspectos morfológicos e anatômicos do desenvolvimento de plântulas de Velloziaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **5**: 65-76.
- Mota, L.A.S. & Garcia, Q. 2012. Germination patterns and ecological characteristics of *Vellozia* seeds from high-altitude sites in South-eastern Brazil. **Seed Science Research**: 1-8.
- Nakamura, A.T. & Scatena, V.L. 2009. Desenvolvimento pós-seminal de espécies de Poaceae (Poales). **Acta Botanica Brasilica** **23**(1): 212-222.
- O'Brien, T.P.; Feder, N.; McCully, M.E. 1965. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **O Protoplasma** **59**(2): 368-373.
- Pereira, A.R.; Pereira, T.S.; Rodrigues, A.S.; Andrade, A.C.S. 2008. Morfologia de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae. **Acta Botanica Brasilica** **22**(4): 1150-1162.
- 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**(6): 945-951.
- \*Silva, S.A. 2010. **Germinação e aspectos morfoanatômicos do desenvolvimento pós-seminal de *Vellozia flavicans* Mart. ex Schult. f. (Velloziaceae)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- Silva, I.V. & Scatena, V.L. 2011. Morfologia de sementes e de estádios iniciais de plântulas de espécies de Bromeliaceae da Amazônia. **Rodriguésia** **62**(2): 263-272.
- Sousa, M.S. 2005. **Morfogênese de frutos e sementes em Velloziaceae**. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Botânica), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo.

- Souza, L.A. 2009. **Sementes e plântulas: Germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa, Toda Palavra.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2012. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa, Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda.
- Tillich, H.J. 1995. Seedlings and systematics in monocotyledons. Pp. 303-352. In: Rudall *et al.* (eds.) **Monocotyledons: Systematics and Evolution Vol. 1**. Kew, Royal Botanical Gardens.
- Tillich, H.J. 2000. Ancestral and derived character states in seedlings of monocotyledons. Pp. 221-228. In: Wilson, K.I. & Morrison, D.A. (Eds.). **Monocots: 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.
- Zaidan, L.B.P. & Carreira, R.C. 2008. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology 20**(3): 167-181.

---

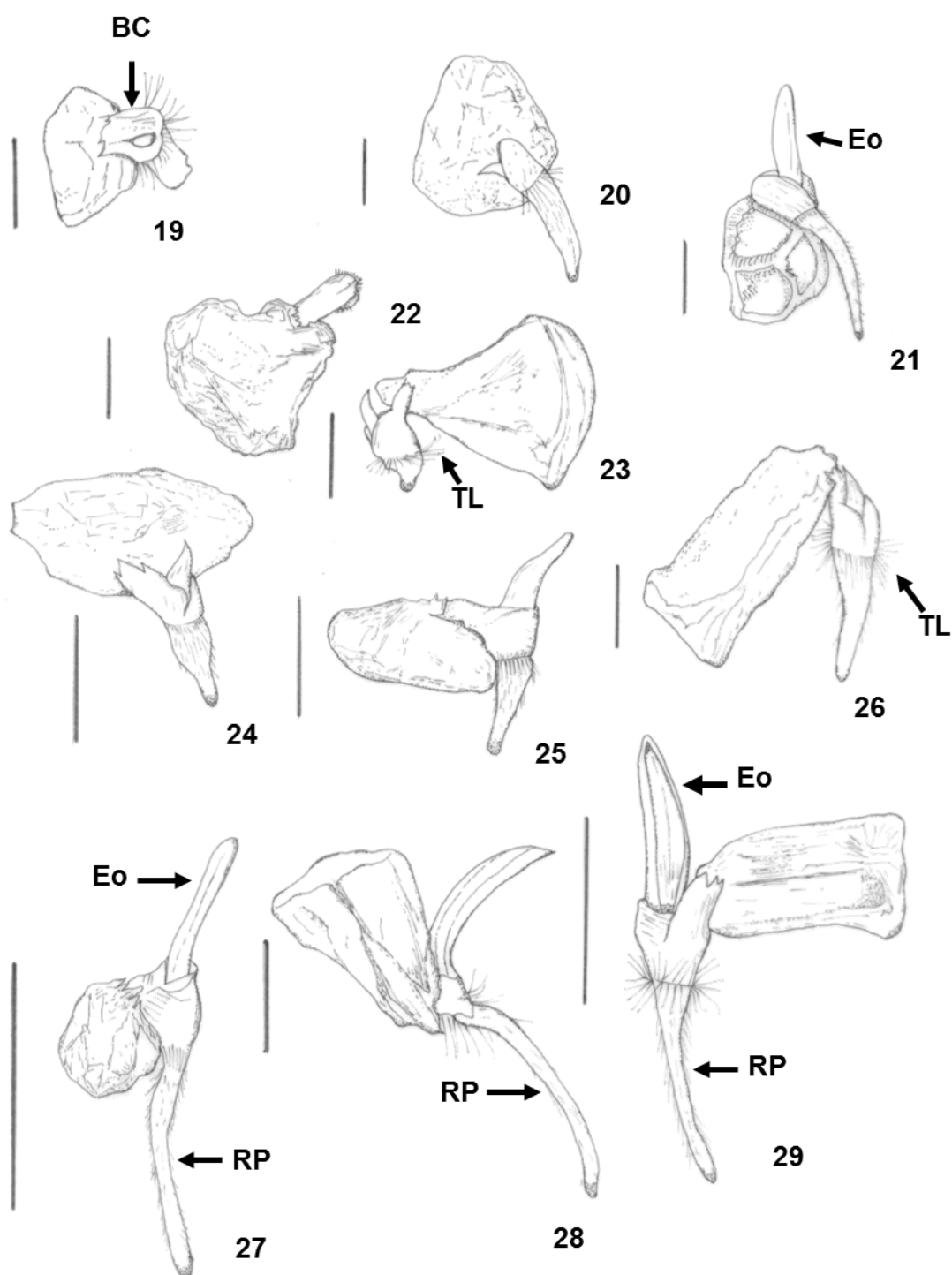
\* Até o momento da publicação dos trabalhos resultantes da Dissertação, esse trabalho deverá estar publicado.

## **Ilustrações**

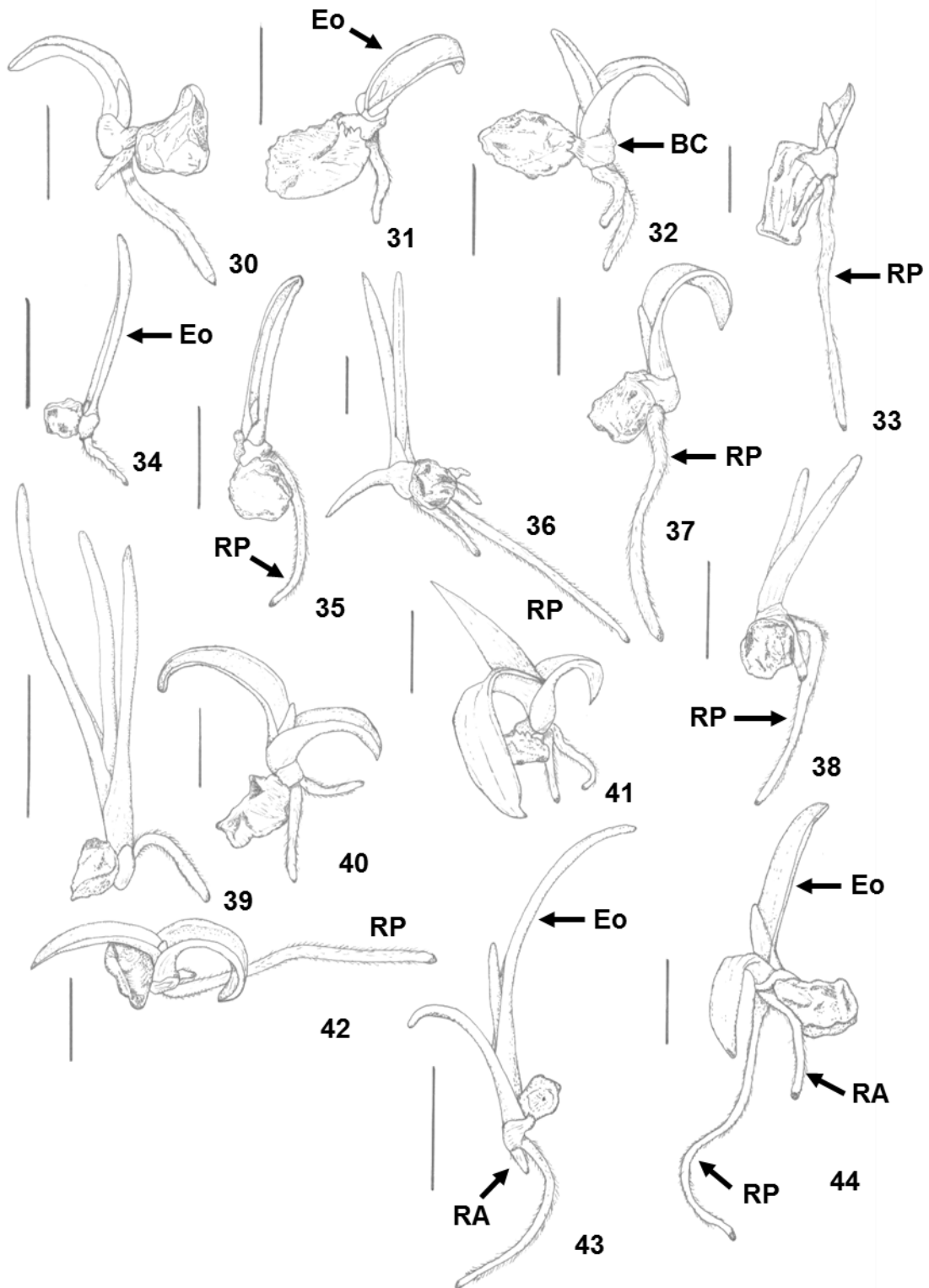


**Figuras 1-18.** Sementes e início de germinação. Fig. 1-8. Sementes embebidas (3 dias): Fig. 1-2 *Vellozia barbata*; Fig. 3-4 *Vellozia glabra*; Fig. 5 *Vellozia minima*; Fig. 6. *Vellozia hirsuta*; Fig. 7 *Vellozia albiflora*; Fig. 8 *Vellozia sp. 1*; Fig. 9-18 Protrusão e formação do colar de tricomas longos (4-13 dias): Fig. 9. *Vellozia resinosa*; Fig. 10 *Vellozia sp. 1*; Fig. 11 *Vellozia aloifolia*; Fig. 13 *Vellozia intermedia*; Fig. 14 *Vellozia aff. epidendroides*; Fig. 15 *Vellozia sp. 1*; Fig. 16 *Vellozia glabra*; Fig. 17 *Vellozia barbata*; Fig. 18 *Vellozia sp. 2*. Barras: Fig. 14-15 = 0,5 mm; Fig. 1-4, 8-9, 11-13, 16-18 = 1 mm; Fig. 5-7, 10 = 2 mm.

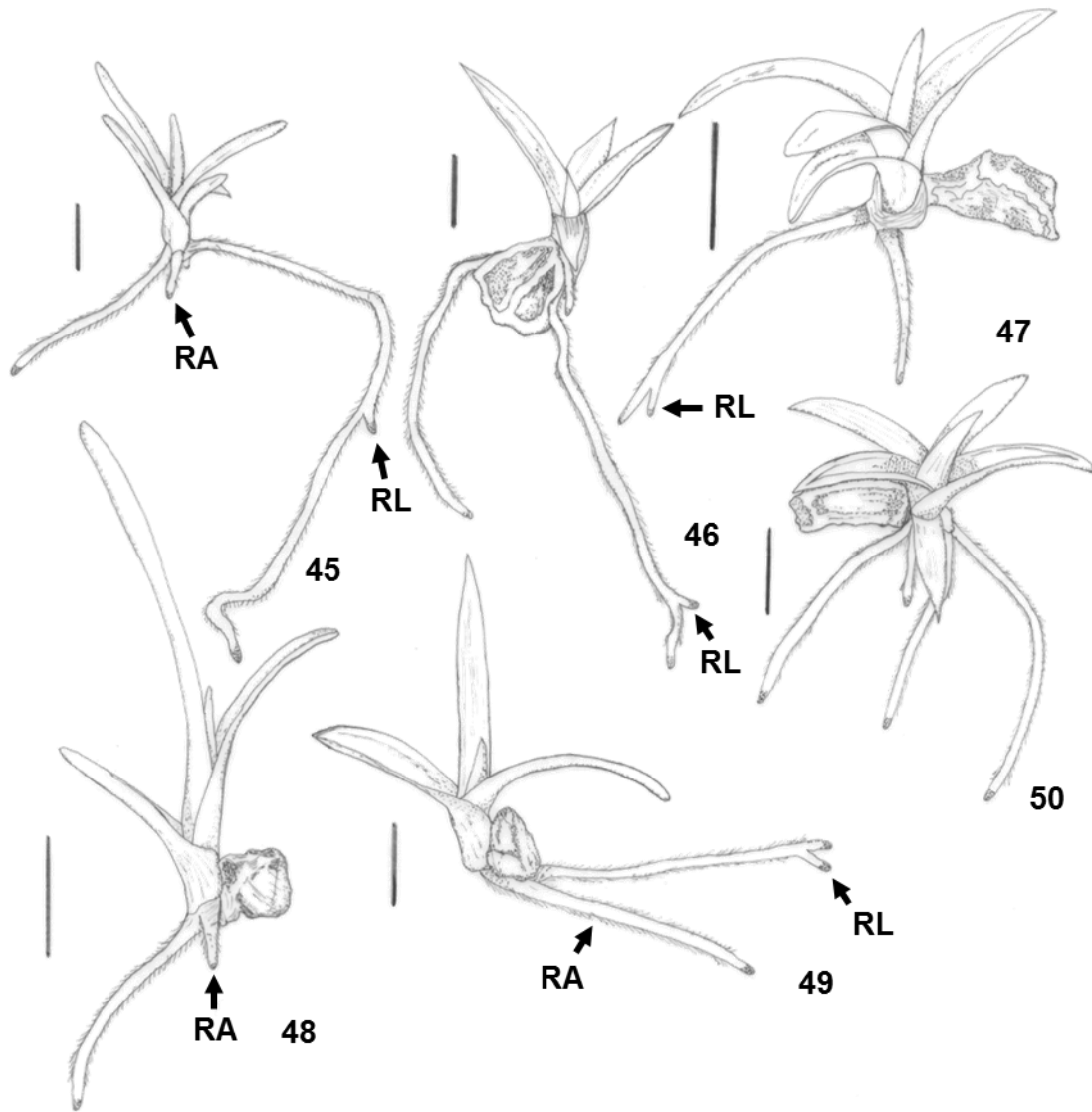




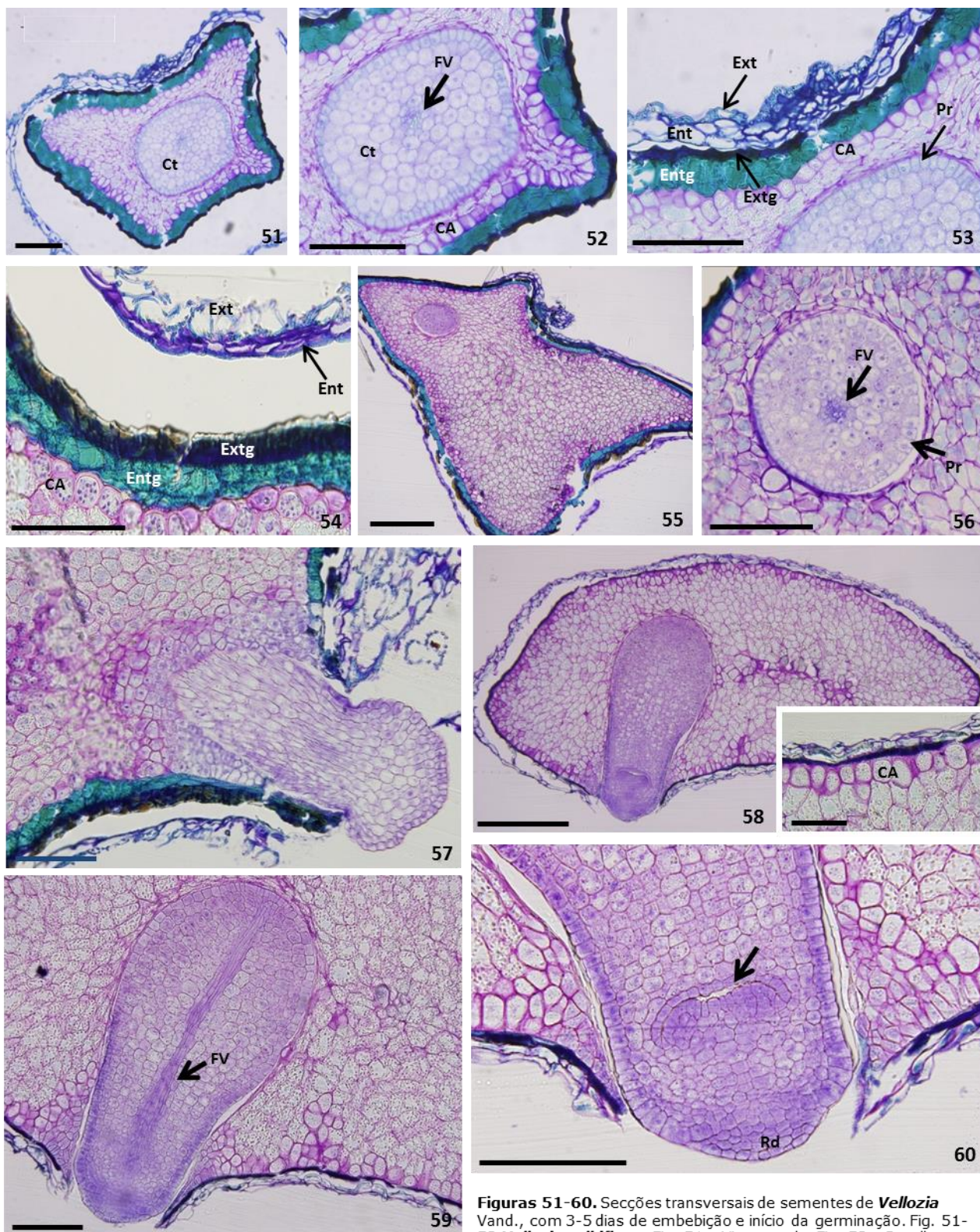
**Figuras 19-29.** Abertura da bainha cotiledonar (BC), desenvolvimento do eofilo (Eo) e da raiz primária (RP) (8-12 dias): Fig. 19 *Vellozia minima*; Fig. 20 *Vellozia intermedia*; Fig. 21 *Vellozia glabra*; Fig. 22 *Vellozia sp. 2*; Fig. 23 *Vellozia aloifolia*; Fig. 24-25 *Vellozia sp. 2*; Fig. 26 *Vellozia aloifolia*; Fig. 27 *Vellozia barbata*; Fig. 28 *Vellozia albiflora*; Fig. 29 *Vellozia aloifolia*. TL = tricomas longos. Barras: Fig. 19-24, 26 = 1 mm; Fig. 25, 27-29 = 2 mm.



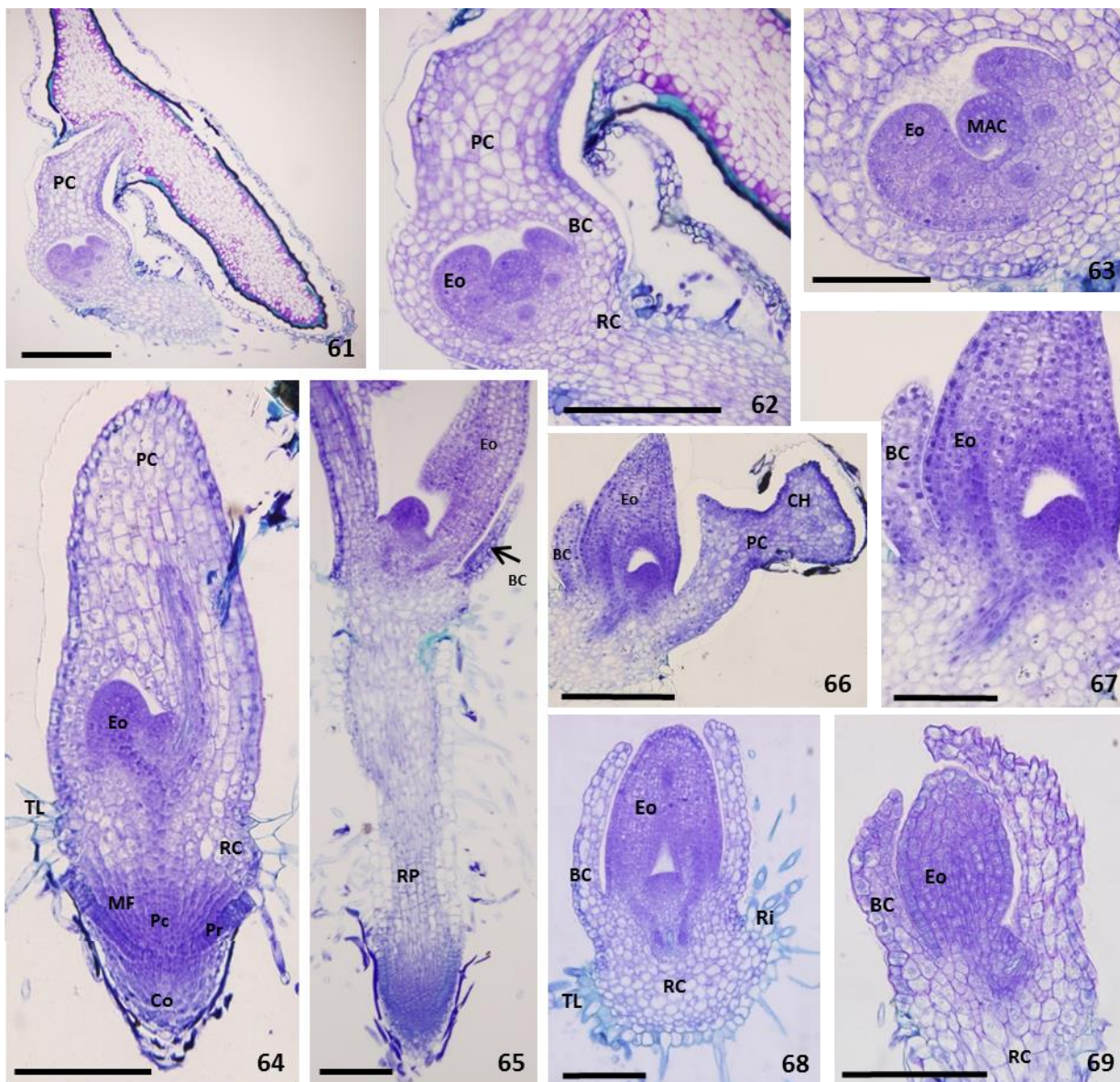
**Figuras 30-44.** Expansão de novas folhas e formação de raízes adventícias (RA) (18-30 dias): Fig. 30-31 *Vellozia* sp. 2; Fig. 32 *Vellozia aloifolia*; Fig. 33 *Vellozia hirsuta*; Fig. 34 *Vellozia minima*; Fig. 35-36 *Vellozia* aff. *epidendroides*; Fig. 37 *Vellozia intermedia*; Fig. 38 *Vellozia barbata*; Fig. 39 *Vellozia minima*; Fig. 40-41 *Vellozia* sp. 2; Fig. 42 *Vellozia glabra*; Fig. 43 *Vellozia barbata*; Fig. 44 *Vellozia albiflora*. Barras = 2 mm.



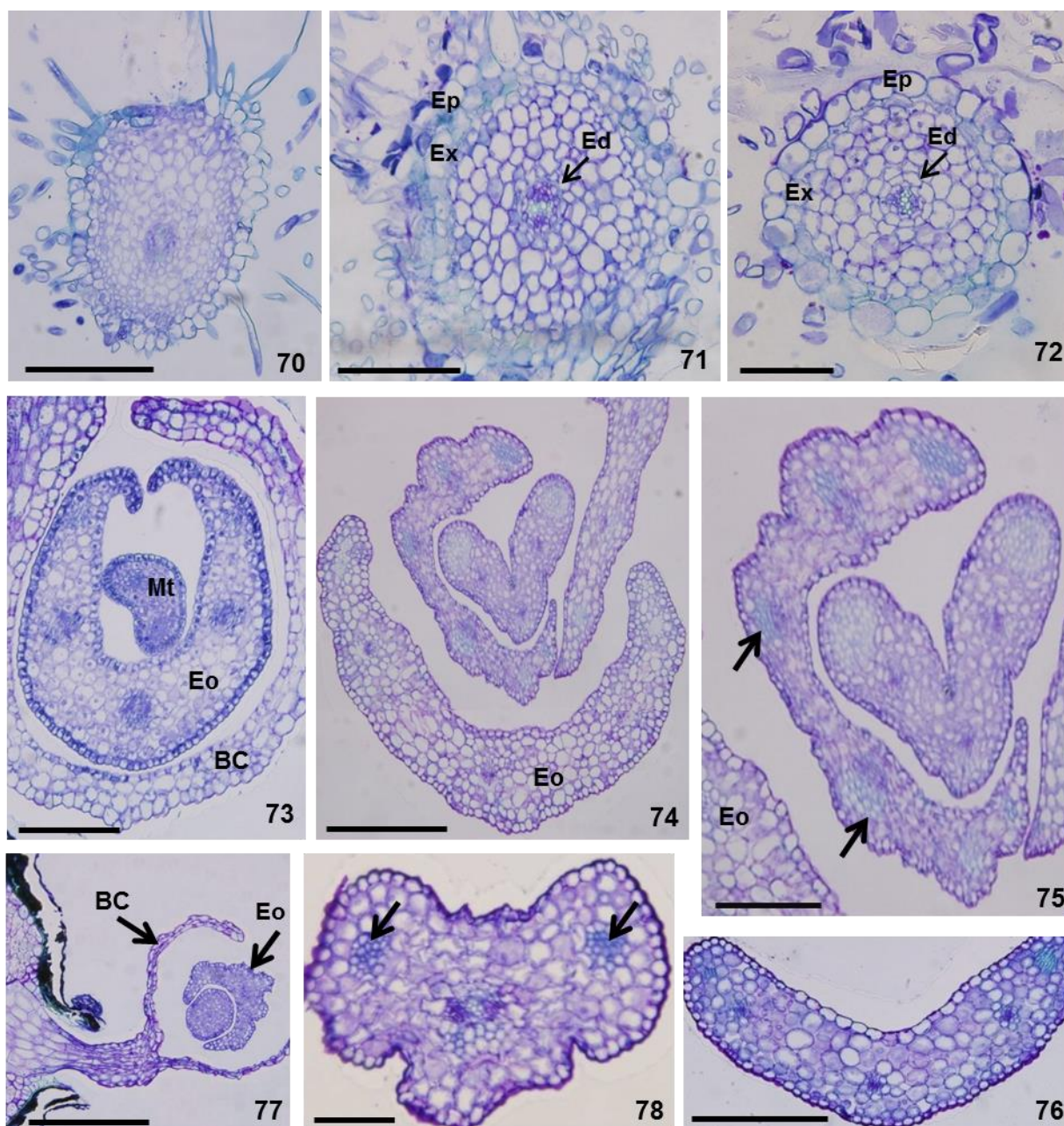
**Figuras 45-50.** Formação de raízes laterais (RL) (25-40 dias): Fig. 45 *Vellozia resinosa*; Fig. 46-47 *Vellozia hirsuta*; Fig. 48 *Vellozia barbata*; Fig. 49 *Vellozia sp. 1*; Fig. 50 *Vellozia hirsuta*. Barras = 2 mm.



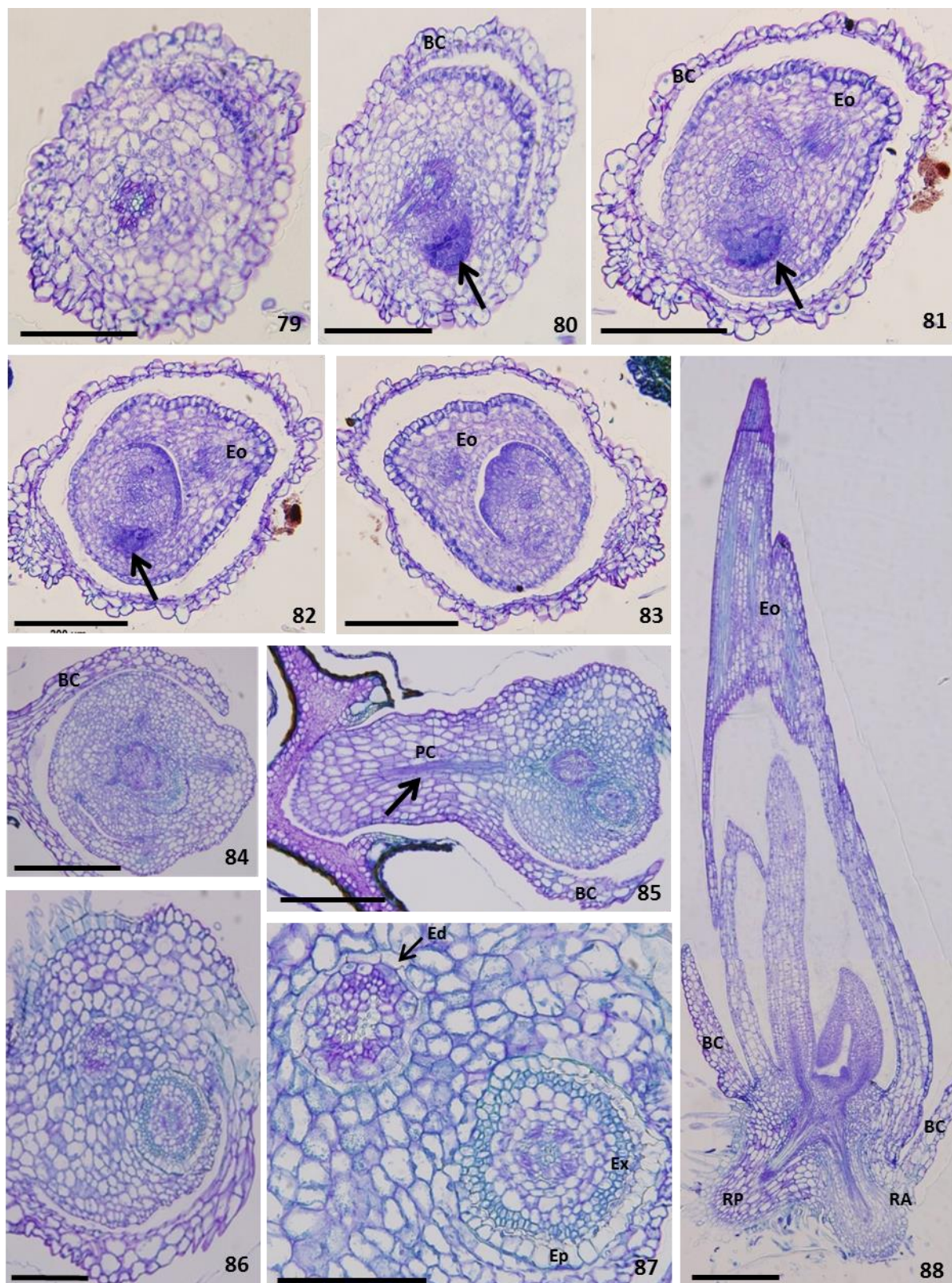
**Figuras 51-60.** Seções transversais de sementes de *Vellozia* Vand., com 3-5 dias de embebição e início da germinação. Fig. 51-53 *Vellozia albiflora*. Fig. 51 - Vista geral; Fig. 52 - Detalhe evidenciando a camada de aleurona (CA). Fig. 53 - Detalhe dos tegumentos e da periferia do endosperma evidenciando a camada de aleurona (CA). Notar a protodeme (Pr) unisseriada do cotilédono; Fig. 54 *Vellozia hirsuta*. Detalhe dos tegumentos e da camada de aleurona (CA). Fig. 55-56 *Vellozia sp. 2*. Fig. 55 - Vista geral; Fig. 56 - Detalhe do cotilédono (Ct) exibindo a protodeme (Pr) unisseriada e um único feixe vascular (FV); Fig. 57 *Vellozia hirsuta*. Base do cotilédono rompendo os tegumentos; Fig. 58-60 *Vellozia intermedia*. Fig. 58 - Vista geral da semente, evidenciando o cotilédono haustorial e a protrusão da base do cotilédono e da radícula. Detalhe da periferia da semente: tegumentos e camada de aleurona (CA); Fig. 59 - Detalhe do cotilédono, em seção longitudinal, exibindo o único feixe vascular (FV) percorrendo toda a sua extensão; Fig. 60 - Detalhe da base do cotilédono rompendo os tegumentos. Notar o início da fenda cotiledonar (seta), o ápice caulinar e o primórdio do eofilo e a radícula (Rd). Ext = exotesta; Ent = endotesta; Extg = exotégmen; Entg = endotégmen. Barras: 50 µm (detalhe da Fig. 58); 100 µm (Fig. 51-54, 56-57, 59-60); 250 µm (Fig. 55, 58).



**Figuras 61-69.** Seções transversais e longitudinais de plântulas e sementes de *Vellozia* Vand., 8 dias após o início do experimento. Fig. 61-63 *Vellozia intermedia*. Fig. 61 – Vista geral da plântula. Notar o pecíolo cotiledonar (PC) ligando a plântula ao cotilédone haustorial; Fig. 62 – Detalhe da bainha cotiledonar (BC) protegendo o eofilo (Eo) em formação; Fig. 63 – Detalhe do eofilo (Eo) exibindo três feixes procambiais e o meristema do ápice caulinar (MAC); Fig. 64-65 *Vellozia albiflora*. Fig. 64 – Vista geral da plântula, em secção longitudinal. Notar o ápice da raiz primária, exibindo a protoderme (Pr), meristema fundamental (MF), procâmbio (Pc) e a coifa (Co), bem definidas; Fig. 65 – Vista geral, evidenciando a origem exógena da raiz primária (RP); Fig. 66-67 *Vellozia intermedia*. Fig. 66 – Vista geral da plântula evidenciando sua conexão com o cotilédone haustorial (CH) pelo curto pecíolo cotiledonar (PC); Fig. 67 – Detalhe da bainha cotiledonar (BC), do eofilo (Eo) em expansão e do meristema apical caulinar; Fig. 68 *Vellozia albiflora*. Vista geral da plântula, notar o colar de tricomas longos (TL) delimitando a região do colo (RC); Fig. 69 *Vellozia minima*. Detalhe da bainha cotiledonar (BC) protegendo o eofilo (Eo). Barras: 100 µm (Fig. 63, 65, 67, 69); 200 µm (Fig. 62, 64, 66, 68); 250 µm (Fig. 61).



**Fig. 70-78.** Seções transversais da raiz e folhas de plântulas de *Vellozia* Vand.. Fig. 70-71 *Vellozia albiflora*. Fig. 70 - Vista geral da raiz primária (8 dias após o início do experimento); Fig. 71 - Raiz primária (RP) com 30 dias, exibindo exoderme (Ex) e endoderme (Ed) bem definidas; Fig. 72 *Vellozia minima*. Raiz primária (RP) com 20 dias, exibindo a epiderme (Ep) com células arredondadas, exoderme (Ex) e endoderme bem definidas (Ed); Fig. 73 *Vellozia sp. 2*. Detalhe da região da bainha cotiledonar (BC). Eofilo (Eo) e o metafilo (Mt) em desenvolvimento, 18 dias após o início do experimento; Fig. 74-76 *Vellozia intermedia*. Fig. 74-75 - Eofilo (Eo) e metafílos (Mt) em expansão. Notar o mesmo número de feixes vasculares (setas) e o aumento de tamanho nos feixes de fibras marginais do metafilo mais jovem (no centro); Fig. 76 - Detalhe do eofilo (Eo) exibindo três feixes vasculares e feixes de fibras marginais, aos 30 dias após o início do experimento. Fig. 77-78 *Vellozia minima*. Fig. 77 - Plântula com 20 dias. Vista geral do pecíolo cotiledonar (PC) e da bainha cotiledonar (BC) protegendo o eofilo (Eo); Fig. 78 - Detalhe do eofilo (Eo) exibindo reentrâncias na face abaxial, feixes de fibras (setas) marginais e o feixe vascular central. Barras: 50 µm (Fig. 71, 76, 78); 100 µm (Fig. 72, 73, 75); 200 µm (Fig. 74, 77).



**Fig. 79-88.** Seções transversais e longitudinais de plântulas de *Vellozia* Vand.. Fig. 79-83 *Vellozia minima*. Sequência evidenciando a formação endógena do primórdio da raiz adventícia (seta), 20 dias após o início do experimento; Fig. 84-87 *Vellozia intermedia*. Fig. 84-86 - Raiz adventícia aos 30 dias do início do experimento, evidenciando o seu desenvolvimento a partir da região caulinar e atravessando o córtex da raiz primária (RP), respectivamente; Fig. 87 - Detalhe da raiz adventícia (RA) diferenciada, com exoderme (Ex) formada por 2-3 camadas de células de paredes espessas; Fig. 88 *Vellozia intermedia*. Vista geral de uma plântula, 18 dias após o início do experimento. Notar a continuidade da vascularização entre as raízes, região caulinar e as folhas. BC = bainha cotiledonar; Ed = endoderme; Ep = epiderme; PC = pecíolo cotiledonar. Barras: 100  $\mu$ m (Fig. 79, 80, 81, 82, 83, 87); 200  $\mu$ m (Fig. 84, 86, 88); 250  $\mu$ m (Fig. 85).

### 3. Considerações Finais

As características germinativas apresentadas pelas sementes das espécies de *Vellozia* estudadas, bem como, para as demais espécies já estudadas, sugerem o seu potencial para a formação de bancos persistentes, além de adaptação às condições ambientais encontradas nos campos rupestres.

Considerando os caracteres ancestrais e derivados mencionados por Tillich (2000) para as plântulas de Monocotiledôneas, as *Vellozia* se encaixam no nível intermediário. Apesar de a plântula apresentar cotilédone compacto e o hiperfilo haustorial, considerado primitivo, apresenta o eofilo foliáceo fotossintetizante, caráter este considerado derivado. As plântulas das espécies de *Vellozia* estudadas exibiram um padrão semelhante de desenvolvimento pós-seminal, o que reforça a identidade do gênero. Esses dados morfoanatômicos poderão contribuir para futuros estudos relacionados à delimitação dos gêneros dentro de Velloziaceae.