

**Clesnan Mendes Rodrigues**

SISBI/UFU



1000218753

MON  
582.737  
R635 p  
TES/MEU

**Poliembrionia em espécies de  
Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*).**

Dissertação apresentada a Universidade  
Federal de Uberlândia, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Mestre em Ecologia e Conservação de  
Recursos Naturais.

**Orientador:**

**Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira**

**Fevereiro de 2005**

**Uberlândia – MG**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
BIBLIOTECA

SISBI/UFU

218753

FU00032857-3

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de  
Catalogação e Classificação

R696p      Rodrigues, Clesnan Mendes, 1978-  
              Poliembrionia em espécies de Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*)  
              / Clesnan Mendes Rodrigues. - Uberlândia, 2005.  
              73f. : il.  
              Orientador: Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira.  
              Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Progra-  
ma de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.  
              Inclui bibliografia.  
              1. Bombacaceae - Teses. 2. Sementes - Germinação - Teses. 3. Poli-  
embrionia - Teses. I. Oliveira, Paulo Eugênio Alves Macedo de. II. Uni-  
versidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecolo-  
gia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

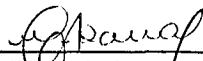
CDU: 582.797(043.3)

**Clesnan Mendes Rodrigues**

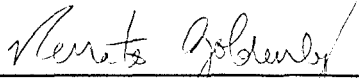
**Poliembrionia em espécies de  
Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*).**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2005.




Prof. Dra. Marli A. Ranal  
Universidade Federal de Uberlândia



Prof. Dr. Renato Goldenberg  
Universidade Federal do Paraná



Prof. Dra. Denise Garcia de Santana  
Universidade Federal de Uberlândia  
(Suplente)



Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira  
Universidade Federal de Uberlândia  
(Orientador)

**Fevereiro de 2005**

**Uberlândia – MG**

## Agradecimentos

Agradeço a Deus, que norteou e amenizou o caminho que percorri nesta caminhada até aqui.

Agradeço à minha mãe, Juliana, por servir de esteio às minhas ações e por ter sido uma pessoa essencial durante a minha vida e ao meu pai Iraci. Agradeço também à minha irmã, Clélia, que me apoiou nesta caminhada. E a todos os meus familiares; Clêdines, Clesmark, Fábio, Juliana Angélica, Windsor, Jéferson, Osvaldo, Lúcia; que me ajudaram a lutar pelas minhas idéias; pela compreensão e pelo carinho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Paulo Eugênio, pela orientação, pela experiência compartilhada, pela compreensão e pelas sugestões.

À co-orientação da Profa. Marli A. Ranal, que foi essencial no delineamento, na condução e na discussão do presente trabalho. Além de ter sido uma grande influência na minha formação.

Agradeço ao Prof. Renato Goldenberg, pela colaboração e pelo aceite na participação na banca.

Agradeço à Prof. Denise Garcia Santana, pela essencial colaboração na análise estatística do trabalho.

Agradeço à Rivane Neumann Simão, pela colaboração essencial na coleta de material para o trabalho.

Aos grandes amigos, colegas de curso, de disciplina e de convívio que fiz nestes anos, a quem devo muito pelas discussões e colaborações anônimas para a execução dessa dissertação.

E a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, que foram importantes na minha formação.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, ao Instituto de Biologia e à Universidade Federal de Uberlândia pela estrutura e pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço à CAPES, pelo auxílio financeiro parcial.

Sumário:

	página
Agradecimentos .....	iv
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Tabelas .....	viii
Resumo .....	ix
Abstract .....	x
Introdução .....	01
Capítulo I: Padrão de distribuição de poliembrionia em <i>Eriotheca pubescens</i> e <i>Bombacopsis glabra</i> (Bombacoideae, Malvaceae <i>sensu lato</i> ) .....	04
Introdução .....	04
Material e Métodos .....	06
Espécies em Estudo .....	06
Área de Estudo .....	07
Ocorrência de Poliembrionia .....	07
Biometria dos Frutos .....	08
Relações entre Morfologia e Poliembrionia .....	08
Análise Estatística .....	09
Resultados .....	10
Ocorrência de Poliembrionia .....	10
Biometria dos Frutos .....	12
Relações entre Morfologia e Poliembrionia .....	18
Discussão .....	21
Ocorrência de Poliembrionia .....	21
Biometria dos Frutos .....	26
Relações entre Morfologia e Poliembrionia .....	28
Conclusão .....	28

<b>Capítulo II: Germinação e emergência a partir de sementes monoembriônicas e poliembriônicas de Bombacoideae (Malvaceae <i>sensu lato</i>)</b> .....	29
Introdução .....	29
Material e Métodos .....	32
Espécies em Estudo .....	32
Área de Estudo .....	32
Germinação e Emergência das Espécies .....	33
Frequência de Embriões e Plântulas .....	35
Correlações entre Germinação, Emergência e Poliembrionia .....	35
Biometria de Embriões e Plântulas .....	36
Padrão de Crescimento das Plântulas .....	37
Análise Estatística .....	37
Resultados .....	39
Germinação e Emergência das Espécies .....	39
Frequência de Embriões e Plântulas .....	40
Correlações entre Germinação, Emergência e Poliembrionia .....	41
Biometria de Embriões e Plântulas .....	46
Padrão de Crescimento das Plântulas .....	47
Discussão .....	52
Germinação e Emergência das Espécies .....	52
Frequência de Embriões e Plântulas .....	54
Correlações entre Germinação, Emergência e Poliembrionia .....	56
Biometria de Embriões e Plântulas .....	56
Padrão de Crescimento das Plântulas .....	59
Conclusão .....	60
Considerações finais .....	61
Referências Bibliográficas .....	64

## Lista de Figuras

### Capítulo I: Padrão de distribuição de poliembrião em *Eriotheca pubescens* e *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*).

- Figura 1.** Padrão de distribuição de indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) coletados entre Uberlândia - MG e Brasília – DF, a localização dos indivíduos foi representada pelos pontos em vermelho, sendo Fig. 1A, referente à distribuição dos indivíduos com sementes exclusivamente monoembriônicas (padrão monoembriônico) e a Fig. 1B referente à distribuição dos indivíduos com sementes com um ou mais embriões (padrão poliembriônico). ..... pág. 17
- Figura 2.** Análise de agrupamento obtida por distância Euclidiana simples, pelo método de ligação de médias (UPGMA), a partir de características morfológicas de frutos de indivíduos de *Eriotheca* (Bombacoideae, Malvaceae). Grupo monoembriônico circundado de azul e grupo poliembriônico circundado de vermelho, as setas indicam os indivíduos inclusos fora de seu grupo. Legenda: M: Indivíduos do padrão monoembriônico de *Eriotheca pubescens*, P: Indivíduos do padrão poliembriônico de *Eriotheca pubescens* e EG: *Eriotheca gracilipes*. Observação: o número refere-se a identificação dos indivíduos..... pág. 17

### Capítulo II: Germinação e emergência a partir de sementes monoembriônicas e poliembriônicas de Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*).

- Figura 1.** Frequência relativa (%) de embriões e plântulas de indivíduos poliembriônicos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) obtidas a partir da dissecação de sementes (n = 1650) e da emergência de plântulas (n = 177), respectivamente. .... pág. 44
- Figura 2.** Frequência relativa (%) de embriões e plântulas de indivíduos poliembriônicos de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (Bombacoideae, Malvaceae) obtidas a partir da dissecação de sementes (n = 754) e da emergência de plântulas (n = 84), respectivamente. .... pág. 44
- Figura 3.** Regressão linear entre o número de embriões por indivíduo e o número de plântulas por sementes poliembriônicas de 26 indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) coletados entre Uberlândia e Brasília. .... pág. 48
- Figura 4.** Massa média dos embriões de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae). Foram utilizadas 34 sementes, sendo incluídos em cada ordem 34, 34, 31, 23, 15, nove, cinco e dois embriões, respectivamente. Medidas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, com  $p < 0,05$ ..... pág. 48
- Figura 5.** Crescimento de plântulas monoembriônicas de *Eriotheca gracilipes* e *Eriotheca pubescens*, e plântulas poliembriônicas de *Eriotheca pubescens*, ambas Bombacoideae (Malvaceae), cultivadas em estufa sob sombrite, com redução de 50%, em Uberlândia – Minas Gerais. .... pág. 51

## Lista de Tabelas

### Capítulo I: Padrão de distribuição de poliembrião em *Eriotheca pubescens* e *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*).

- Tabela 1.** Variações encontradas para o número de embriões em *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) entre os indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos. .... pág. 14
- Tabela 2.** Número médio de embriões, para 10 sementes em cinco frutos distintos e média geral (soma das 50 sementes), para diferentes indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) coletadas ao longo da estrada Uberlândia-Brasília. .... pág. 15
- Tabela 3.** Número médio de embriões por semente em diferentes indivíduos de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (Bombacoideae, Malvaceae), coletados durante os anos de 2003; 2004 e 2005 no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – Minas Gerais..... pág. 16
- Tabela 4.** Biometria de frutos de *Eriotheca pubescens* para o padrão de indivíduos monoembriônicos (n=52) e de indivíduos poliembriônicos (n=194) e *Eriotheca gracilipes*, uma espécie monoembriônica (n=13) (Bombacoideae, Malvaceae). .... pág. 19
- Tabela 5.** Correlação de Pearson entre as medidas de frutos, sementes e embriões em *Eriotheca pubescens* com padrão de indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos e *Eriotheca gracilipes* e *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae). .... pág. 20

### Capítulo II: Germinação e emergência a partir de sementes monoembriônicas e poliembriônicas de Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*).

- Tabela 1.** Medidas da germinação de sementes de espécies de *Eriotheca* e *Pseudobombax* (Bombacoideae, Malvaceae) com diferentes padrões de embrião. .... pág. 42
- Tabela 2.** Medidas da germinação e emergência de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae), a partir de sementes poliembriônicas coletadas no solo e diretamente da copa em Uberlândia – Minas Gerais..... pág. 43
- Tabela 3.** Medidas de emergência de plântulas de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) a partir de indivíduos monoembriônicos ou poliembriônicos coletados entre Uberlândia (Minas Gerais) e Brasília (Distrito Federal). .... pág. 43
- Tabela 4.** Correlações de Pearson entre as características biométricas de sementes, embriões, plântulas e de algumas medidas de germinação e emergência para sementes de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae) coletadas no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia – Minas Gerais..... pág. 45
- Tabela 5.** Biometria e alocação de matéria seca em diferentes padrões de plantas jovens gêmeas de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae), oriundas de indivíduos com sementes monoembriônicas ou poliembriônicas, cultivadas sob sombrite 50%, em Uberlândia, Minas Gerais, por nove meses..... pág. 49
- Tabela 6.** Biometria e alocação de matéria seca em diferentes padrões de formação de plantas jovens de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae) a partir de sementes poliembriônicas cultivadas sob sombrite 50%, em Uberlândia – Minas Gerais, por 16 meses. .... pág. 50



## Resumo:

Rodrigues, Clesnan Mendes; 2005. Poliembrionia em espécies de Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*). Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 73 p.

A presença de embrionia adventícia e poliembrionia têm sido documentadas para várias espécies de Bombacoideae, embora aspectos da sua distribuição ecológica, variação interespecífica e influência sobre aspectos da germinação de sementes tenham sido pouco enfatizados. O objetivo do presente estudo foi quantificar a poliembrionia em diferentes indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. e *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns, sua distribuição em populações naturais e a influência das características morfológicas dos frutos sobre a poliembrionia. Foi ainda verificada a interferência da poliembrionia sobre a germinação e emergência de sementes, comparadas com algumas espécies monoembriônicas do grupo. As coletas foram realizadas ao longo da rodovia entre Uberlândia a Brasília, onde frutos de indivíduos de *E. pubescens* foram coletados e tiveram o número de embriões por semente, o número de sementes monoembriônicas vs. poliembrionicas e as características morfológicas dos frutos avaliadas. Num estudo similar, realizado com indivíduos de *B. glabra* cultivados em ambiente urbano, foram coletadas e analisadas sementes no período de 2002 a 2004. Foram realizados testes de germinação das espécies poliembrionicas *E. pubescens* (indivíduos com sementes poliembrionicas) e *B. glabra* e de espécies monoembriônicas como *E. pubescens* (indivíduos com sementes monoembriônicas), *E. gracilipes* (K. Sch.) A. Robyns, *Pseudobombax longiflorum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns e *P. tomentosum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns. Foram realizados ainda testes de emergência dos dois padrões de embrionia em *E. pubescens*, sendo avaliadas diversas características do padrão de germinação das sementes e emergência de plântulas. Nos indivíduos poliembrionicos de *E. pubescens* e *B. glabra* apresentam sementes predominantemente poliembrionicas, mas a frequência de poliembrionia e o número médio de embriões por sementes variou amplamente entre frutos, indivíduos ou mesmo entre períodos de observação. Os indivíduos estritamente monoembriônicos de *E. pubescens* representaram apenas 13,16% dos indivíduos e tiveram a distribuição geográfica mais restrita. Nos indivíduos poliembrionicos de *E. pubescens* a porcentagem de sementes monoembriônicas variou de zero até 48% e o número médio de embriões por semente variou de 1,86 a 6,36. Os dois padrões de embrionia em *E. pubescens* mostraram diferenças morfológicas entre as características dos frutos, mas as análises não permitiram separar os dois grupos de maneira definitiva. Em *B. glabra* não foi observada monoembrionia estrita, mas o número de embriões também variou entre indivíduos e entre períodos de estudo. As sementes poliembrionicas de *E. pubescens* apresentaram germinabilidade e vigor no crescimento inicial das sementes menores, em comparação com aquelas de indivíduos conspecíficos monoembriônicos e com as das espécies monoembriônicas avaliadas. Estas diferenças podem estar associadas à competição por recursos nas sementes poliembrionicas, mas é interessante notar que mesmo nas plântulas monoembriônicas originadas de sementes poliembrionicas de *E. pubescens*, o vigor foi menor que o das plântulas originadas de sementes monoembriônicas. Estas diferenças indicam que a monoembrionia estrita pode estar associada a indivíduos sexuais em contraste com a predominância da poliembrionia adventícia associada à apomixia.

**Palavras chaves:** apomixia, poliembrionia, germinação de sementes, plântulas múltiplas e Bombacaceae.

## Abstract:

Rodrigues, Clesnan Mendes; 2005. Polyembryony in species of Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*). MSc. thesis. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - Minas Gerais, Brazil. 73 p.

The presence of adventitious embryony and polyembryony has been documented for several species of Bombacoideae, although aspects of its ecological distribution, interspecific variation and influence on aspects of seed germination have been a little emphasized. The objective of the present study was to verify the occurrence of the polyembryony in different individuals of *Eriotheca pubescens* (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. and *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns, its distribution in natural populations and the influence of morphological characteristics of the fruits on the polyembryony. It was also verified the interference of the polyembryony on the germination and emergency of polyembryonic seeds compared with some sexual species with monoembryonic seeds of the same group. The study was developed along the road between Uberlândia and Brasília, where fruits of individuals of *Eriotheca pubescens* were collected and had the number of embryos per seed, number of monoembryonic vs. polyembryonic seeds and fruit morphological characteristics evaluated. In a similar study accomplished with cultivated individuals of *B. glabra* in an urban areas, seeds were collected during the period from 2002 to 2004. Germination tests were carried out for the polyembryonic species and for individuals or species exclusively monoembryonic with *E. pubescens* (individuals with exclusively monoembryonic seeds), *E. gracilipes* (K. Sch.) A. Robyns, *Pseudobombax longiflorum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns and *P. tomentosum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns. Seedling emergency was also observed in experimental conditions for the two embryonic patterns in *E. pubescens* measuring several characteristics of the germination and emergency process. *E. pubescens* and *B. glabra* presented seeds predominantly polyembryonic, but the frequency of polyembryony and average number of embryos per seed varied among fruits, individuals or even years of study. Individuals strictly monoembryonic represented only 13,16% of the individuals observed in *E. pubescens* and they had a more restricted geographical distribution. In the polyembryonic individuals, the frequency of monoembryonic seeds varied from zero to 48% and the average number of embryos per seed varied from 1,86 to 6,36. The two embryonic patterns in *E. pubescens* showed morphological differences among the characteristics of the fruits, but the analyses did not allow to separate clearly the two groups. In *B. glabra* individuals with strict monoembryony were not observed, but the number of embryos also varied among individuals and years. The polyembryonic seeds of *E. pubescens* presented lower germinability and vigor during initial growth than seeds from strictly monoembryonic individuals and than those of the other monoembrionic species. These differences may be associated to the competition for resources in polyembryonic seeds, but it is interesting to notice that even in the monoembryonic seeds of plants of *E. pubescens* with polyembryony, the vigor was lower than in seeds of the strictly monoembrionic individuals. These differences suggest that the strict monoembrionny may be associated to sexual individuals in contrast with the predominance of the adventitious polyembryony associated to apomixis.

**Key words:** apomixis, polyembryony, seed germination, twin seedlings and Bombacaceae.

# Introdução

Entre os padrões de reprodução nas angiospermas, a reprodução sexuada é marcadamente o mais importante em número de espécies, para diversos biomas tropicais como florestas (Bawa 1990) e o cerrado (Oliveira & Gibbs 2000). Allem (2004) considera que formas alternativas de multiplicação vegetativa ou apomixia podem ser igualmente importantes em termos ecológicos e evolutivos.

Apesar da predominância de reprodução sexuada dentro das angiospermas alguns grupos possuem grande número de espécies que evoluíram ou desenvolveram processos reprodutivos distintos dos sexuais, como a reprodução assexuada por semente ou apomixia, comum nas Asteraceae e Rosaceae (Czapik 1996; Werpachowski et al. 2004), Melastomataceae (Goldenberg & Shepherd 1998; Goldenberg & Varassin 2001) e Poaceae (Savidan 1985).

A apomixia refere-se ao processo de desenvolvimento de um embrião, sem a formação de gametas reduzidos. O novo embrião é formado a partir de tecidos ou células de natureza somática ou esporofítica, mantendo o genoma materno na progênie (Koltunow 1993).

Segundo Koltunow (1993), a apomixia pode ser dividida em gametofítica e esporofítica. Na apomixia gametofítica o novo zigoto é originado diretamente de uma célula do saco embrionário não reduzido, oriundo da célula mãe de megásporo pelo processo de diplosporia ou a partir de células da vizinhança da célula mãe de megásporo pelo processo de aposporia. Em contraste, a embrionia adventícia é originada mais tarde no desenvolvimento do óvulo. Os embriões são originados de células individuais do óvulo que são externas ao saco embrionário (megagametófito) sexualmente derivado, sendo que não se dá a formação de um saco embrionário não reduzido, e descrita como apomixia esporofítica.

A apomixia é um processo amplamente distribuído entre as famílias de Angiospermas, sendo a aposporia e diplosporia presentes em 33 famílias e 126 gêneros (Carman 1997). O processo de embrionia adventícia, com embriões originados a partir dos tegumentos ou do nucelo, foi

registrado para 52 famílias. Associada tanto a processos de apomixia gametofítica como esporofítica (Lakshmanan & Ambegaokar 1984), a poliembrionia, definida pela formação de mais de um embrião por semente, foi registrada para 172 gêneros reunidos em 115 famílias de um total de 348 famílias (Carman 1997). Especificamente para poliembrionia em árvores de cerrado e caatinga, Salomão & Allem (2001) encontraram poliembrionia em 20% das 75 espécies arbóreas avaliadas por eles, sendo distribuídas em diversas famílias. Na verdade, embora comumente associada à apomixia e utilizada como indicador da ocorrência de processos assexuados, a poliembrionia pode ser originada de processos sexuais, como da formação de múltiplos sacos embrionários (Carmo-Oliveira 1998).

A apomixia esporofítica muitas vezes depende de fertilização e formação de endosperma, num processo denominado pseudogamia. Em *Citrus*, por exemplo, ocorre a formação de um embrião sexuado, originado a partir de um saco embrionário fertilizado, e diversos embriões assexuados que se originaram a partir de células do nucelo (Koltunow et al. 1995).

Em algumas espécies, é possível encontrar tanto indivíduos, que se reproduzem por apomixia como indivíduos que se reproduzem por processos sexuais, como em *Antennaria parlini* Fern, Asteraceae (O'Connell & Eckert 1999) e *Antennaria rosea* Greene (Bayer et al. 1990), ou ainda indivíduos que se reproduzem tanto por reprodução sexuada como apomixia, como em *Manihot esculenta* Crantz (Nassar et al. 1998).

Essa variação nas possibilidades de processos reprodutivos dentro da mesma espécie pode ser afetada por uma variedade de fatores externos à planta que podem influenciar o nível de reprodução sexuada e assexuada, sendo expressa pela frequência de embriões sexuais e assexuais (Koltunow 1993). Dentre estes fatores podem ser incluídos a fonte de pólen para a fertilização, a temperatura e o fotoperíodo a que a planta mãe está exposta, a concentração de sais inorgânicos no solo e o teor de nutrientes disponíveis para a planta.

Dentro das Bombacaceae, recentemente incluídas na subfamília Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato* (APG 2003; Baum et al. 2004), foram registrados casos de poliembrionia em *Bombax*

*kimuenzae* de Wild. (Robyns 1959 apud Naumova 1992) em *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (syn. *Pachyra oleagina* Decne.) (Baker 1960; Duncan 1970) e *Eriotheca pubescens* (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. (Oliveira et al. 1992; Mendes-Rodrigues et al. 2005). Em *Eriotheca pubescens* e *Bombacopsis glabra* a polinização efetiva e pseudogamia parecem ser necessárias para o desenvolvimento das sementes e formação de embriões sexuais, que podem ocorrer concomitantemente com embriões adventícios originados a partir de células do nucelo, podendo resultar em variabilidade gênica residual em populações basicamente clonais (Martins & Oliveira 2003).

Dentro deste contexto, o objetivo geral desta dissertação foi observar a distribuição de poliembria, como indicador da prevalência de apomixia em espécies de Bombacoideae, e testar o sucesso de germinação e emergência de sementes poliembriônicas e monoembriônicas como base para entender a distribuição de populações clonais neste grupo.

A dissertação está organizada em dois capítulos, já escritos na forma de trabalhos científicos e relativamente independentes, seguidos por uma seção de conclusões gerais. O primeiro capítulo discute o padrão de distribuição geográfica da poliembria em *Eriotheca pubescens* e alguns aspectos da poliembria em *Bombacopsis glabra*. O segundo discute o padrão de germinação e emergência a partir de sementes monoembriônicas e poliembriônicas de algumas espécies de Bombacoideae.

# Capítulo I

## **Padrão de distribuição de poliembrionia em *Eriotheca pubescens* e *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*).**

### **Introdução**

Estudos recentes com o uso de sistemática filogenética baseada em marcadores moleculares têm demonstrado a formação de um clado bem definido, denominado Malvatheca, que inclui as antigas famílias Bombacaceae e Malvaceae (APG 2003; Baum et al. 2004), reunidas em uma grande família Malvaceae (*sensu lato*), que por sua vez está dividida em duas subfamílias denominadas Bombacoideae e Malvoideae. A subfamília Bombacoideae (Malvaceae) apresenta espécies que se reproduzem predominantemente por processos sexuais como *Ceiba petandra* (L.) Gaertn. (Murawski, & Hamrick 1992; Gribel et al. 1999); *Chorisia speciosa* St. Hil. (Souza et al. 2003), *Eriotheca gracilipes* (K. Sch.) A. Robyns (Oliveira et al. 1992), embora a ocorrência de poliembrionia e apomixia tenha sido registrada para pelo menos duas espécies. Primeiramente foi registrada para *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (syn. *Pachira oleagina* Decne.), onde se encontrou a formação de um embrião sexual e de embriões assexuais originados a partir das células do nucelo, pelo processo de embrião adventícia (Baker 1960; Duncan 1970).

Estudos com *Eriotheca* constataram pela primeira vez a poliembrionia em *Eriotheca pubescens* subsp. *tomentosa* (St. Hil., Juss. & Camb.) (Oliveira et al. 1992), embora nesse trabalho não tenha sido possível verificar a origem dos embriões extranumerários, a partir de estudos histológicos com frutos coletados até 14 dias após a polinização. Posteriormente, Mendes-

Rodrigues et al. (dados não publicados) constataram que os embriões extranumerários de *Eriotheca pubescens* se originam pelo processo apomítico de embrionia adventícia, a partir de células do nucelo, entre 32 e 40 dias após a polinização. Estudos genéticos constataram também a ocorrência de indivíduos clonais e de menor diversidade genética em indivíduos de *Eriotheca pubescens*, em relação à espécie sexuada *Eriotheca gracilipes* (Martins & Oliveira 2004).

Apesar da preponderância da poliembria e apomixia nas populações de *Eriotheca pubescens*, os estudos citados indicaram ocorrência de eventos de reprodução sexuada nesta espécie, e a presença de indivíduos estritamente monoembriônicos em populações de *Eriotheca pubescens*. A ocorrência de sementes e indivíduos monoembriônicos em espécies poliembriônicas parece ser um indicativo forte de reprodução sexuada, uma vez que a monoembria originada de embrionia adventícia é um fenômeno raramente descrito (Naumova 1992). A importância relativa dos processos apomíticos e sexuados para a manutenção das populações de *Eriotheca pubescens* e outras Bombacoideae poliembriônicas necessita ainda ser melhor definida.

O objetivo do presente trabalho foi analisar o padrão de distribuição da poliembria entre os indivíduos de *Eriotheca pubescens*, mostrando a ocorrência de monoembria e verificando se as características embriológicas poderiam ser associadas a diferenças nas características morfológicas tanto vegetativas como reprodutivas. Comparativamente buscou-se ainda caracterizar a variação da poliembria em diferentes anos e para diferentes indivíduos de *Bombacopsis glabra*, relacionando poliembria com a morfologia dos frutos e sementes e comparando os dados obtidos com aqueles de *Eriotheca pubescens*.

Dentre as hipóteses do estudo esperava-se encontrar uma baixa ocorrência de indivíduos monoembriônicos nas populações amostradas de *Eriotheca pubescens* e uma preponderância de indivíduos poliembriônicos. Ainda esperava-se associar a ocorrência de monoembria com características morfológicas que permitissem identificar rapidamente indivíduos monoembriônicos e possivelmente sexuados no campo. Era possível pensar que esta diferenciação pudesse estar associada às variedades descritas na última revisão taxonômica. Associado a isto, esperava-se ainda

que os níveis de poliembrionia entre indivíduos fossem até certo ponto previsíveis e que não variassem de ano para ano, de maneira que as características morfológicas pudessem servir como marcadores ou preditores para os níveis de poliembrionia.

## Material e Métodos

### Espécies em Estudo

As espécies estudadas foram *Eriotheca pubescens* subsp. *tomentosa*, *Bombacopsis glabra* e *Eriotheca gracilipes* ambas Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*). A caracterização das espécies estudadas foi compilada de Robyns (1963); Lorenzi (1992) e Oliveira et al. (1992) e segue abaixo:

*Eriotheca pubescens* subsp. *tomentosa* (St. Hil., Juss. & Camb.) (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*) ocorrente em áreas de cerrado nos estados de Goiás e Minas Gerais, além do Distrito Federal. Possui porte arbóreo e caducifólia. Embora Robyns (1963) tenha constatado a presença de duas subespécies, *Eriotheca pubescens* (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. e *Eriotheca pubescens* subsp. *tomentosa* (St. Hil., Juss. & Camb.), separadas principalmente pelas características das folhas, os indivíduos estudados não foram separados inicialmente por subespécie. Posteriormente, todos aqueles indivíduos em que tal separação foi avaliada eram claramente da subsp. *tomentosa*, não tendo sido identificado nenhum indivíduo da subsp. *típica* entre aqueles estudados.

*Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*) é uma árvore ocorrente em áreas de mata pluvial atlântica, desde Pernambuco até o Rio de Janeiro. Possui porte arbóreo, é uma planta perenifólia, heliofita, seletivamente higrófila, ocorrendo principalmente em formações secundárias situadas em várzeas aluviais e início de encostas, sendo rara no interior de mata primária densa. É amplamente utilizada para arborização de ruas e praças.

*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Rob. (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*) ocorre sempre em áreas de cerrado ou na sua transição para a floresta latifoliada semidecídua nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do



Sul. É uma planta semidecídua, heliofita, comum em formações secundárias. Ocorre preferencialmente em terrenos secos e bem drenados. Apresenta distribuição ampla, porém irregular. Atinge entre 4-6 m, podendo alcançar até 17 m de altura.

Os espécimens testemunho foram depositados no Herbarium Uberlandense (HUFU) da Universidade Federal de Uberlândia, sob os números 25854 para *Eriotheca pubescens* e 25855 para *Eriotheca gracilipes*.

### Área de Estudo

Para a ocorrência de poliembrião em *Eriotheca pubescens* o estudo foi realizado em áreas de cerrado, em um transecto de aproximadamente 400 Km seguindo a rodovia Uberlândia-Brasília e em áreas próximas a cidade de Uberlândia. Para a ocorrência de poliembrião em *Bombacopsis glabra* o estudo foi realizado no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, a partir de indivíduos utilizados para arborização de ruas e praças. Alguns aspectos morfológicos também foram estudados para um indivíduo de *Eriotheca gracilipes* ocorrente em também no Campus Umuarama.

### Ocorrência de Poliembrião

A presença de poliembrião nos indivíduos de *Eriotheca pubescens* foi utilizada como marcador morfológico para a presença de apomixia, visto que os embriões extranumerários são originados de embrião adventícia, e a sua prevalência e distribuição entre indivíduos foi estudada para diferentes populações da espécie. Para isto, foi realizada uma coleta de frutos, a partir de 38 indivíduos ao longo da rodovia BR465 de Uberlândia até Brasília e próximos ao município de Uberlândia, sendo as coletas georeferenciadas e mapeadas (Figura 01).

Para cada indivíduo foi avaliado o número de embriões em 10 sementes, para cinco frutos diferentes, por dissecação das sementes e contagem direta dos embriões. O número de embriões por indivíduo e a amplitude de variação foram avaliados. Os números de sementes monoembriônicas e

poliembriônicas foram contados e calculada a porcentagem dessas sementes em relação ao total de sementes em cada indivíduo.

Para *Bombacopsis glabra* foi realizado um estudo semelhante, onde o número de embriões por semente foi avaliado para 11 indivíduos localizados no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia. Os indivíduos foram marcados e o número de embriões por semente foi avaliado durante os anos de 2002, 2003 e 2004. A contagem foi idêntica à de *Eriotheca pubescens*, somente variando o número de sementes avaliado por indivíduo e não ocorrendo separação entre frutos, devido a menor disponibilidade de frutos que muitas vezes já haviam dispersado as sementes e as mesmas eram coletadas no solo não sendo possível identificar se eram originadas de frutos diferentes.

### **Biometria dos Frutos**

Além disso, foram tomadas medidas biométricas dos frutos das três espécies incluindo comprimento e largura do fruto, comprimento do pedúnculo, número de sementes normais e anormais, número de sementes por lóculo, amplitude do número de sementes por lóculo (obtida pela subtração do maior número de sementes pelo menor número de sementes por lóculo) e, para alguns indivíduos, a massa das sementes foi obtida com o auxílio de uma balança digital com precisão de 0,0001 g.

### **Relações entre Morfologia e Poliembrionia**

Para verificar a interferência da biometria dos frutos no número médio de embriões, foi testada a associação entre as medidas dos frutos e o número médio de embriões para cada fruto por meio da correlação de Pearson. As correlações foram realizadas com base nos erros onde os valores foram transformados em desvios ( $\text{Desvio} = \text{Valor} - \text{Média do Indivíduo}$ ), para a retirada do efeito dos tratamentos (indivíduos) promovendo uma padronização. Para comparação com indivíduos poliembriônicos de *Eriotheca pubescens* e *Bombacopsis glabra*, foram incluídos frutos de

*Eriotheca gracilipes* e de indivíduos estritamente monoembriônicos de *Eriotheca pubescens*. A magnitude das correlações foi avaliada qualitativamente utilizando-se os adjetivos propostos por Davis (1971) e adotados por Miller (1994). Para *Eriotheca gracilipes* as correlações foram feitas diretamente com os dados uma vez que estes se referem a um único indivíduo amostrado.

### Análise Estatística

A análise estatística foi feita utilizando-se o teste de Qui-quadrado para verificar a diferença entre o número de indivíduos de *Eriotheca pubescens* com diferentes padrões de embrionia (padrão monoembriônico e poliembriônico). O valor do qui-quadrado passou pela correção de Yates.

Os dados de biometria de frutos e sementes foram testados quanto à normalidade dos resíduos da análise da variância, pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homogeneidade entre variâncias pelo teste de Levene. Dados com normalidade e homogeneidade foram submetidos à ANOVA, seguido do teste de Tukey para as comparações binárias. Quanto um dos pressupostos da estatística paramétrica não foi atendido, mesmo com transformação de dados optou-se por usar o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis seguido do teste de Dunn para as comparações binárias.

Para os dados biométricos dos frutos de *Eriotheca pubescens* e *Eriotheca gracilipes* foi realizada uma análise multivariada, por agrupamento de UPGMA, por meio de distância euclidiana simples, a partir das médias das características avaliadas, estandarizadas pelo método de centro-redução pela expressão  $y = (xi - x) / sd$ , onde  $y$ : valor estandarizado,  $xi$ : valor original,  $x$ : média de todas as medidas e  $sd$ : desvio padrão de todas as medidas.

Para comparações entre duas amostras a normalidade foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk e se obtida normalidade foi utilizado o teste  $t$  de “Student” e amostras sem normalidade pelo teste de Mann-Whitney.

A significância das correlações foi testada pelo teste  $t$  de “Student”, e as regressões com o uso da análise da variância (ANOVA), ambas a 0,05.

## Resultados

### Ocorrência de Poliembria

Entre os 38 indivíduos de *Eriotheca pubescens* amostrados foram encontrados, dois padrões significativamente diferentes quanto à embria ( $\chi^2$  19,184;  $p < 0,0001$ ), sendo cinco indivíduos com sementes exclusivamente monoembriônicas (13,16%) e 33 indivíduos com sementes predominantemente poliembriônicas (86,14%) (Tabela 1). Sendo que dos 33 indivíduos poliembriônicos 22 (66,67%) apresentam sementes monoembriônicas.

Em uma análise pormenorizada, o número de sementes monoembriônicas em indivíduos poliembriônicos de *Eriotheca pubescens* variou de zero até 48% (Tabela 1). Entre os indivíduos poliembriônicos predominaram indivíduos com baixa produção de sementes monoembriônicas de 0 a 10% (com 26 indivíduos, 69%), enquanto menor número (18% dos indivíduos) apresentou freqüências intermediárias, maiores que 10% de sementes monoembriônicas. Um terceiro grupo, com freqüência de 100% de sementes monoembriônicas, representados por cinco indivíduos (13% dos indivíduos), foram considerados estritamente monoembriônicos.

O número médio de embriões por semente para os diferentes indivíduos poliembriônicos de *Eriotheca pubescens* variou de  $1,86 \pm 1,07$  até  $6,60 \pm 2,60$ ; sendo que o menor número de embriões encontrado entre os indivíduos poliembriônicos foi um e o maior foi de 13 embriões (Tabela 1 e 2).

Uma análise específica do número de embriões por semente para os indivíduos poliembriônicos, utilizando-se Nested-Anova, mostrou a ocorrência de diferenças significativas entre o número médio de embriões entre os indivíduos, ignorando-se a variação entre os frutos ( $F = 35,42$ ;  $p = 0,0001$ ). Análise semelhante também mostrou a ocorrência de variação entre os frutos, ignorando-se os indivíduos ( $F = 5,72$ ;  $p = 0,0001$ ). Em uma análise posterior (com ANOVA) foi encontrada variação no número médio de embriões entre frutos, para 21 (63,64%) dos 33 indivíduos poliembriônicos. Uma nova análise apenas das diferenças entre os indivíduos, onde não haviam sido detectadas diferenças no número de embriões entre frutos (13 indivíduos), também mostrou

diferenças significativas entre os indivíduos ( $U = 276,97$ ;  $p = 0,0001$ ). A decomposição de variância a partir dos dados de uma Nested-Anova incluindo todos os 33 indivíduos, com frutos e indivíduos como fatores independentes, mostrou que apenas 13,9% da variação no número de embriões entre os indivíduos poliembriônicos era explicada pela variação entre o número médio de embriões nos diferentes frutos. Todas estas análises mostram que, mesmo entre indivíduos poliembriônicos, existe uma variação significativa no número médio de embriões por semente.

O número de sementes monoembriônicas foi negativamente correlacionado com o número médio de embriões por semente nos indivíduos poliembriônicos ( $r = -0,6691$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 33$ ), sendo que em um modelo de regressão, os dados se ajustaram a uma curva exponencial com equação  $y = 4.5697e^{-0.0204x}$  ( $R^2 = 0.6124$ ), onde  $y$  é o número de sementes monoembriônicas e  $x$  o número médio de embriões por semente. Caso os indivíduos monoembriônicos sejam incluídos na análise os valores da correlação e da regressão são respectivamente ( $r = -0,8044$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 38$ ) e  $y = 4.418e^{-0.0153x}$  ( $R^2 = 0.8873$ ).

A distribuição geográfica dos dois padrões de embrionia também variou. Indivíduos do tipo poliembriônico ocorreram ao longo de todo o transsecto, enquanto indivíduos estritamente monoembriônicos apareceram apenas em uma área restrita mais ao norte e próxima a Brasília (Figura 1).

Foram obtidas contagens do número de embriões para *Bombacopsis glabra* para todos os indivíduos da população (Tabela 3), sendo que o número de sementes utilizadas por ano e por indivíduo foi muito variável. Para alguns indivíduos não foram conseguidas essas contagens para um ou dois dos anos de estudo devido à baixa produção de frutos e sementes nesses períodos. Não foi possível identificar o efeito dos frutos sobre a variabilidade no número de embriões dos indivíduos, visto que para muitos indivíduos as sementes eram coletadas no solo, não sendo possível identificar se as mesmas pertenciam a frutos distintos.

O número de embriões por semente variou entre  $2,73 \pm 1,43$  para o indivíduo dez no ano de 2004 até  $6,00 \pm 2,97$  para o indivíduo oito no ano de 2003. Enquanto nos três anos de coleta o

número de embriões variou entre os indivíduos o mesmo não aconteceu para os diferentes anos num mesmo indivíduo (Tabela 3). Os indivíduos dois, três, quatro, cinco e dez não mostraram diferenças estatísticas entre os diferentes anos coletados, já os indivíduos um, nove e onze mostraram diferenças estatísticas entre o número de embriões por semente para os diferentes anos. Os indivíduos seis, sete e oito somente tiveram coleta durante o ano de 2003.

### **Biometria dos Frutos**

Os dados biométricos dos frutos do padrão poliembriônico de *Eriotheca pubescens* mostraram valores maiores que os apresentados pelo padrão monoembriônico e por *Eriotheca gracilipes* para o comprimento e largura do fruto, comprimento de pedúnculo, número de sementes por fruto e por lóculo e a massa das sementes; além de ter apresentado o menor número de sementes mal-formadas. E todas as características dos frutos analisados, com exceção da amplitude do número de sementes por lóculo, diferiram entre os dois padrões de *Eriotheca pubescens* e que a maioria das características do padrão monoembriônico é estatisticamente semelhante às características biométricas dos frutos de *Eriotheca gracilipes*, com exceção do comprimento do pedúnculo (Tabela 4).

A análise de agrupamento (Figura 2) evidenciou a formação de dois grupos de indivíduos. No primeiro, foram encontrados os indivíduos monoembriônicos de *Eriotheca pubescens* e também o indivíduo de *Eriotheca gracilipes*. No segundo, foram incluídos basicamente os indivíduos poliembriônicos de *Eriotheca pubescens*. Apesar disto, nos dois grupos de indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos foi incluído um indivíduo do outro padrão. No grupo de indivíduos monoembriônicos o indivíduo 27, apesar de apresentar sementes poliembriônicas, mostrou características morfológicas mais próximas às dos indivíduos monoembriônicos. No grupo de indivíduos poliembriônicos um indivíduo monoembriônico (indivíduo 1) parece ter características morfológicas mais próximas às dos indivíduos poliembriônicos.

Os resultados mostraram que as características biométricas dos frutos de *Eriotheca pubescens* não representam características satisfatórias para delimitação das espécies e grupos com diferentes tipos de embrionia (Tabela 4), não servindo como marcadores para a presença de poliembrionia ou monoembrionia nos indivíduos.

**Tabela 1.** Variações encontradas para o número de embriões em *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) entre os indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos.

Indiv	Relações							
	Nº Mínimo de Embriões	NºMáximo de Embriões	Amp	Sementes Mono.	Sementes Poli.	NºTotal de Embriões	% de sementes mono.	% de sementes poli.
1	1	1	0	50	0	50	100	0
2	1	9	8	2	48	221	4	96
3	1	7	6	2	48	184	4	96
4	1	1	0	50	0	50	100	0
5	1	1	0	50	0	50	100	0
6	1	1	0	50	0	50	100	0
7	2	9	7	0	50	208	0	100
8	2	8	6	0	50	244	0	100
9	1	11	10	1	49	220	2	98
10	1	12	11	1	49	250	2	98
11	2	8	6	0	50	226	0	100
12	2	8	6	0	50	233	0	100
13	1	7	6	11	39	148	22	78
14	1	8	7	10	40	143	20	80
15	1	6	5	2	48	174	4	96
16	1	6	5	5	45	156	10	90
17	1	8	7	4	46	167	8	92
18	1	11	10	1	49	307	2	98
19	1	12	11	2	48	330	4	96
20	1	6	5	5	45	165	10	90
21	1	13	12	1	49	287	2	98
22	1	13	12	3	47	325	6	94
23	1	7	6	8	42	165	16	84
24	1	7	6	10	40	139	20	80
25	2	8	6	0	50	204	0	100
26	2	9	7	0	50	301	0	100
27	2	8	6	0	50	193	0	100
28	3	7	4	0	50	242	0	100
29	2	7	5	0	50	218	0	100
30	2	7	5	0	50	199	0	100
31	2	10	8	0	50	199	0	100
32	1	6	5	14	36	132	28	72
33	1	6	5	5	45	146	10	90
34	1	1	0	50	0	50	100	0
35	1	6	5	4	46	160	8	92
36	1	6	5	24	26	93	48	52
37	1	6	5	17	33	121	34	66
38	1	7	6	1	49	175	2	98

Legenda: Amp.: Amplitude, subtração entre o maior e o menor número de embriões encontrado por semente; Indiv.: Indivíduo; mono. Monoembriônicas; poli.: poliembriônicas



**Tabela 2.** Número médio de embriões, para 10 sementes em cinco frutos distintos, e média geral (soma das 50 sementes) para diferentes indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) coletadas ao longo da estrada Uberlândia-Brasília.

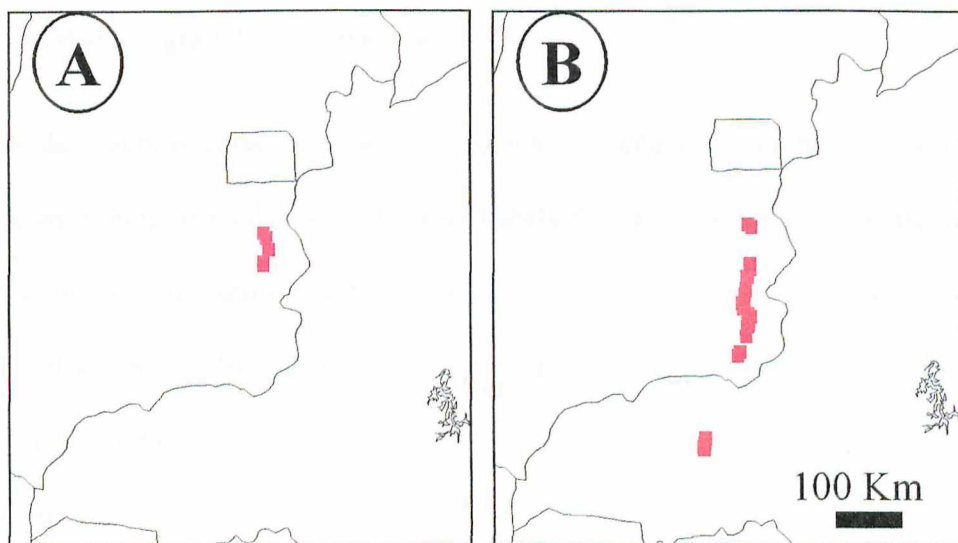
Indiv.	Média ± DP <sup>1</sup> , de frutos e média geral.						F ou H
	um	dois	três	quatro	cinco	Geral	
1	1	1	1	1	1	1H	
2	1,40 ± 1,07c	4,00 ± 1,05b	4,20 ± 1,14b	5,10 ± 1,52ab	6,40 ± 1,26a	4,42 ± 1,77Cb	14,253 **
3	2,60 ± 1,17b	3,30 ± 1,16a	4,00 ± 1,49a	4,10 ± 0,99a	4,40 ± 1,43a	3,68 ± 1,38Dc	3,303 *
4	1	1	1	1	1	1H	
5	1	1	1	1	1	1H	
6	1	1	1	1	1	1H	
7	3,10 ± 0,88b	3,70 ± 1,25a	4,20 ± 0,92a	4,30 ± 0,82a	5,50 ± 2,32a	4,16 ± 1,53Dc	11,803 *†
8	4,60 ± 1,07a	4,80 ± 1,14a	4,80 ± 1,40a	4,80 ± 1,48a	5,40 ± 1,71a	4,88 ± 1,35Cb	0,484
9	3,90 ± 0,88a	3,90 ± 2,64b	4,20 ± 0,92a	4,30 ± 1,83a	5,70 ± 1,42a	4,40 ± 1,74Cb	11,641 *†
10	4,70 ± 1,06a	4,70 ± 1,06a	4,70 ± 2,00a	5,20 ± 2,20a	5,70 ± 3,27a	5,00 ± 2,04Cb	0,3
11	3,90 ± 0,99a	4,00 ± 1,33a	4,30 ± 1,25a	4,90 ± 1,73a	5,50 ± 1,35a	4,52 ± 1,43Cb	2,468
12	4,20 ± 1,32a	4,70 ± 1,25a	4,70 ± 1,42a	4,80 ± 1,40a	4,90 ± 1,73a	4,66 ± 1,39Cb	0,356
13	1,70 ± 1,06a	2,40 ± 1,07ab	2,90 ± 1,52ab	3,70 ± 1,83a	4,10 ± 1,37a	2,96 ± 1,60Fe	4,775**
14	2,40 ± 1,07ab	2,40 ± 1,17b	2,50 ± 1,08b	2,60 ± 1,26b	4,40 ± 1,71a	2,86 ± 1,46Fe	10,36*†
15	2,90 ± 0,99a	3,00 ± 1,15a	3,50 ± 0,97a	3,70 ± 1,16a	4,30 ± 1,25a	3,48 ± 1,18Ed	2,606*
16	1,80 ± 0,79b	3,30 ± 1,16a	3,40 ± 1,51a	3,50 ± 0,85a	3,60 ± 1,65a	3,12 ± 1,36Ee	4,335**
17	2,30 ± 1,16b	3,00 ± 1,15b	3,30 ± 1,16a	3,30 ± 1,16a	4,80 ± 1,81a	3,34 ± 1,51Ed	4,812**
18	2,70 ± 1,25c	5,30 ± 1,57b	7,00 ± 2,91ab	7,60 ± 2,01ab	8,10 ± 1,73a	6,14 ± 2,74Ba	12,341**
19	3,40 ± 1,84c	5,70 ± 2,11bc	7,00 ± 1,94ab	8,00 ± 1,49ab	8,90 ± 1,60a	6,60 ± 2,60Aa	14,089**
20	2,90 ± 1,66a	3,00 ± 1,49a	3,20 ± 1,40a	3,50 ± 1,08a	3,90 ± 1,29a	3,30 ± 1,39Ed	0,845
21	2,90 ± 1,20c	4,00 ± 1,41b	5,40 ± 1,78ab	7,10 ± 2,08a	9,30 ± 2,70a	5,74 ± 2,95Ba	29,883**†
22	2,80 ± 1,75c	5,70 ± 2,16b	6,10 ± 1,79b	8,00 ± 2,21ab	9,90 ± 1,79a	6,50 ± 3,04Aa	18,564**
23	1,30 ± 0,48b	3,20 ± 1,55a	3,90 ± 1,20a	4,00 ± 1,33a	4,10 ± 1,37a	3,30 ± 1,59Ed	12,586**
24	2,10 ± 0,88b	2,20 ± 1,23b	2,60 ± 1,26ab	3,10 ± 0,99ab	3,90 ± 1,66a	2,78 ± 1,36Fe	3,583*
25	3,20 ± 1,23a	3,80 ± 0,92a	4,30 ± 1,34a	4,30 ± 1,42a	4,80 ± 1,93a	4,08 ± 1,45Dc	1,856
26	4,80 ± 1,55b	5,40 ± 1,58b	6,20 ± 1,03ab	6,30 ± 1,25ab	7,40 ± 1,58a	6,02 ± 1,62Ba	4,855**
27	3,20 ± 1,03a	3,90 ± 1,37a	3,90 ± 1,52a	4,00 ± 1,15a	4,30 ± 1,06a	3,86 ± 1,24Dc	1,196
28	4,00 ± 0,82b	4,40 ± 0,97a	5,10 ± 0,88a	5,10 ± 1,66a	5,60 ± 0,97a	4,84 ± 1,20Cb	3,321*
29	3,60 ± 1,07b	4,10 ± 1,29a	4,20 ± 1,23a	4,60 ± 1,26a	5,30 ± 1,06a	4,36 ± 1,27Cb	2,86*
30	3,70 ± 0,95a	3,80 ± 1,32a	4,00 ± 1,33a	4,20 ± 1,03a	4,20 ± 1,14a	3,98 ± 1,13Dc	0,384
31	3,40 ± 1,17a	3,70 ± 1,06a	4,00 ± 1,33a	4,10 ± 1,45a	4,70 ± 2,21a	3,98 ± 1,50Dc	0,938
32	1,80 ± 0,92a	1,90 ± 1,10a	2,50 ± 1,08a	3,40 ± 1,35a	3,60 ± 1,78a	2,64 ± 1,44Fe	12,332*†
33	2,50 ± 0,71a	2,60 ± 1,26a	2,90 ± 1,29a	2,90 ± 1,29a	3,70 ± 1,57a	2,92 ± 1,28Fe	1,212
34	1	1	1	1	1	1H	
35	2,50 ± 0,85b	2,70 ± 0,67ab	3,10 ± 1,52ab	3,60 ± 1,51ab	4,10 ± 1,10a	3,20 ± 1,28Ed	10,728*†
36	1,20 ± 0,42a	1,60 ± 0,84a	2,00 ± 1,56a	2,10 ± 0,99a	2,40 ± 0,97a	1,86 ± 1,07Gf	10,114*†
37	1,70 ± 1,34a	2,20 ± 1,69a	2,30 ± 0,82a	2,60 ± 1,26a	3,30 ± 1,42a	2,42 ± 1,39Ff	2,234
38	3,10 ± 1,10b	3,20 ± 1,14a	3,20 ± 1,40a	3,60 ± 1,07a	4,40 ± 1,65a	3,50 ± 1,33Ed	1,742

<sup>1</sup> Média ± DP, média ± desvio padrão; médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas para os frutos diferem significativamente pelo teste F de Snedecor e teste de Tukey ou H de Kruskal-Wallis e teste de Dunn (†); ou médias gerais seguidas de letras maiúsculas nas colunas para comparação dos 38 indivíduos ou por minúsculas para comparação somente dos indivíduos poliembriônicos pelo teste de H de Kruskal-Wallis e Scott-Knott; \*\* p < 0,01 e \* p < 0,05.Os dados dos indivíduos 10; 16; 23; 27; 31; 33 e 37 foram transformadas em raiz quadrada de (x) somente para efeito da análise.

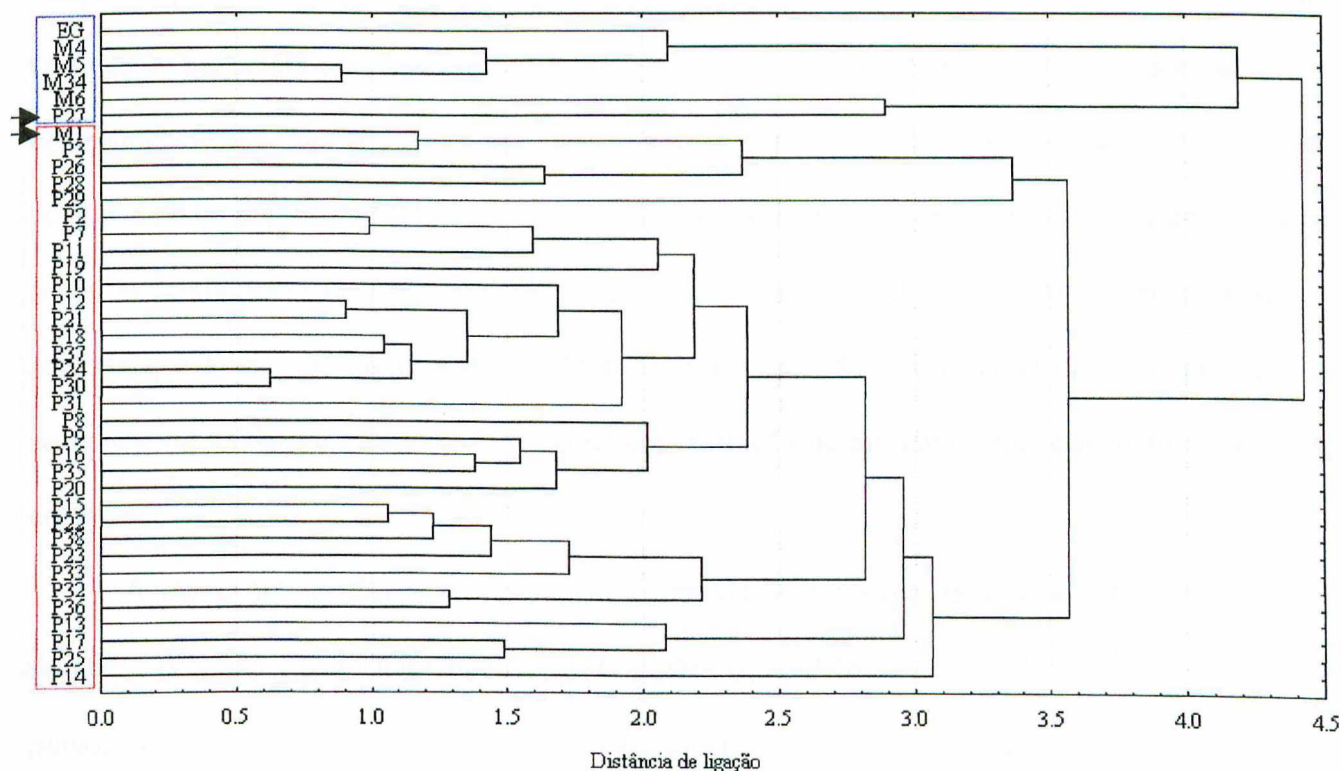
**Tabela 3.** Número médio de embriões por semente em diferentes indivíduos de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (Bombacoideae, Malvaceae), coletados durante os anos de 2003; 2004 e 2005 no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – Minas Gerais.

Indivíduo	2002			2003			2004		
	n	X ± DP <sup>1</sup>	Amp.	n	X ± DP <sup>1</sup>	Amp.	n	X ± DP <sup>1</sup>	Amp.
1	27	4,92 ± 1,86 aA	1 a 8	19	4,37 ± 1,83 abcA	2 a 9	34	2,82 ± 0,95 bB	1 a 6
2	56	3,78 ± 1,88 abcA	1 a 12				33	3,39 ± 1,59 abA	1 a 7
3	39	4,72 ± 2,08 abA	2 a 10	42	5,00 ± 1,74 abA	2 a 9	31	4,16 ± 1,63 aA	2 a 10
4	47	3,83 ± 1,88 abcA	1 a 10	41	3,90 ± 1,41 bcA	1 a 7			
5	138	3,78 ± 1,95 bcA	1 a 13	18	3,11 ± 1,02 cA	1 a 5			
6				10	4,30 ± 0,95 abc	3 a 6			
7				19	5,47 ± 2,78 ab	2 a 11			
8				28	6,00 ± 2,97 a	2 a 14			
9	39	3,62 ± 1,42 abcA	1 a 9				15	2,73 ± 1,43 bB	1 a 6
10	47	3,38 ± 1,75 cdA	1 a 10				09	3,22 ± 1,30 abA	1 a 5
11	31	2,35 ± 0,98 dB	1 a 4	31	3,71 ± 1,37 bcA	1 a 6			
H (p)	44,981 (0,0001)			33,886 (0,0001)			16,072 (0,0029)		

<sup>1</sup> X ± DP, média ± desvio padrão; médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste H de Kruskal-Wallis; ou maiúsculas nas linhas pelo teste de Mann-Whitney ou H de Kruskal-Wallis e teste de Dunn.  
 Legenda: Amp.: Amplitude expressa pelo menor e maior número de embriões encontrado por semente.



**Figura 1.** Padrão de distribuição de indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) coletados entre Uberlândia - MG e Brasília - DF. A localização dos indivíduos foi representada pelos pontos em vermelho, sendo Fig. 1A, referente à distribuição dos indivíduos com sementes exclusivamente monoembriônicas (padrão monoembriônico) e a Fig. 1B referente à distribuição dos indivíduos com sementes com um ou mais embriões (padrão poliembriônico).



**Figura 2.** Análise de agrupamento obtida por distância Euclidiana simples, pelo método de ligação de médias (UPGMA), a partir de características morfológicas de frutos de indivíduos de *Eriotheca* (Bombacoideae, Malvaceae). Grupo monoembriônico circundado de azul e grupo poliembriônico circundado de vermelho, as setas indicam os indivíduos incluídos fora de seu grupo. Legenda: M: Indivíduos do padrão monoembriônico de *Eriotheca pubescens*, P: Indivíduos do padrão poliembriônico de *Eriotheca pubescens* e EG: *Eriotheca gracilipes*. Observação: o número refere-se a identificação dos indivíduos.

## Relações entre Morfologia e Poliembria

Apesar de algumas características para *Eriotheca pubescens* terem apresentado correlação significativa com o número médio de embriões (Tabela 5) como o número de sementes por fruto ( $r = 0,1770$ ) e o número de sementes por lóculo ( $r = 0,1767$ ); esses coeficientes de correlação apresentaram valores muito baixos, mostrando-se maus preditores do número médio de embriões por fruto, além do número de sementes por lóculo ser diretamente influenciado pelo número de sementes por fruto ( $r = 0,9990$ ).

Para *Bombacopsis glabra* as análises mostraram correlação muito alta entre o número médio de embriões por fruto e a massa média das sementes ( $r = 0,7039$ ) e correlação moderada entre o número médio de embriões e o comprimento do pedúnculo ( $r = 0,4837$ ), talvez mostrando uma relação da poliembria com os recursos recebidos pelos frutos. O comprimento do pedúnculo tem correlação baixa com a massa média das sementes ( $r = 0,1209$ ), mostrando que talvez o comprimento do pedúnculo não tenha relação com a quantidade de nutrientes que o fruto recebe. Apesar da constatação de correlações significativas envolvendo o comprimento do pedúnculo não, foram encontradas explicações biológicas que possam explicar tal relação. Ainda são necessárias análises que levem em conta a massa do fruto e a proporção dessa massa que é dispensada às sementes, ou ainda um estudo da relação da concentração de nutrientes em relação ao número de embriões.

A massa média das sementes mostrou correlação negativa moderada com o número de sementes por fruto, tanto para *Bombacopsis glabra* ( $r = -0,4822$ ;  $p < 0,05$ ) como para *Eriotheca pubescens* ( $r = -0,3298$ ;  $p < 0,05$ ). A poliembria não mostrou associação com o número de sementes por fruto em *Bombacopsis glabra* ( $r = -0,2613$ ;  $p > 0,05$ ), provavelmente pelo n menor de frutos usados para a espécie (31) em relação à *Eriotheca pubescens* (194). Esses dados mostram que as espécies não apresentam um padrão bem definido, mostrando-se bem diferentes dependendo da espécie em estudo.

**Tabela 4.** Biometria de frutos de *Eriotheca pubescens* para o padrão de indivíduos monoembriônicos (n=52) e de indivíduos poliembriônicos (n=194) e *Eriotheca gracilipes*, uma espécie monoembriônica (n=13) (Bombacoideae, Malvaceae).

Espécie (padrão)		Comprimento do fruto (mm)	Largura do fruto (mm)	Comprimento do pedúnculo (mm)	Nº de sementes mal-formadas	Nº de sementes por fruto	Amplitude do nº de sementes por lóculo	Nº de sementes por lóculo	Massa Média das Sementes (g)
<i>Eriotheca gracilipes</i>	X ± DP <sup>1</sup>	58,86 ± 5,99 b	34,46 ± 1,89 b	19,15 ± 3,68 a	0,54 ± 0,78 ab	15,46 ± 5,52 ab	2,46 ± 1,71 a	3,09 ± 1,10 b	0,12 ± 0,01 ab
	Mín.	47,20	31,90	13,60	0	6,00	0	1,20	0,099
	Máx.	68,60	37,20	24,30	2,00	24,00	6,00	4,80	0,139
<i>E. pubescens</i> (monoembriônica)	X ± DP <sup>1</sup>	58,63 ± 10,77 b	39,00 ± 5,63 b	16,38 ± 4,54 b	1,40 ± 2,29 a	16,08 ± 7,28 b	2,98 ± 1,26 a	3,22 ± 1,46 b	0,09 ± 0,02 b
	Min	40,40	30,60	10,30	0	6,00	1,00	1,20	0,046
	Max	81,50	53,60	28,80	10,00	37,00	7,00	7,40	0,142
<i>E. pubescens</i> (poliembriônica)	X ± DP <sup>1</sup>	72,85 ± 12,84 a	49,56 ± 4,63 a	20,90 ± 4,06 a	0,41 ± 0,98 b	18,87 ± 6,45 a	2,62 ± 1,11 a	3,78 ± 1,29 a	0,13 ± 0,04 a
	Min	46,90	37,40	11,70	0	6,00	0	1,20	0,059
	Max	109,10	61,60	31,00	5,00	41,00	8,00	8,20	0,225
<i>F</i> ou <i>H</i>		54,950 **†	110,951 **†	27,878 **	17,867 **†	5,722 **	4,214†	32,702 **†	12,549 **†

<sup>1</sup> X ± DP, média ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste *F* de Snedecor ou *H* de Kruskal-Wallis(†); \*\* p < 0,01 e \* p < 0,05.

Observação: As medidas do comprimento do pedúnculo e do número de sementes por fruto foram transformadas em raiz quadrada de (x) somente para a análise estatística.

**Tabela 5.** Correlação de Pearson entre as medidas de frutos, sementes e embriões em *Eriotheca pubescens* com padrão de indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos e *Eriotheca gracilipes* e *Bombacopsis glabra* (Bombacaceae, Malvaceae).

Medidas	Espécie	n <sup>1</sup>	Comprimento do fruto	Largura do fruto	Comprimento do pedúnculo	Nº de sementes mal-formadas	Nº de sementes por fruto	Amplitude do nº de sementes	Nº de sem. por lóculo	Massa média	Nº médio de embriões
Comprimento do fruto	BG	31	1	0,5333 **	0,3442 *	-0,1895	0,4235 **	0,5143 **	0,4306 **	0,3277	0,2465
	EPP	194	1	0,4550**	0,0397	-0,0164	0,3455**	0,0727	0,3470**	0,1097	0,0594
	EPM	52	1	0,3201*	-0,1364	-0,2250	0,1226	-0,0036	0,1226	0,4558*	
	EG	13	1	0,7078**	0,1427	0,5104*	0,7861**	0,0059	0,7861**	-0,3744	
Largura do fruto	BG	31		1	0,0551	0,0918	0,6703 **	0,4485 **	0,6836 **	0,2101	-0,0024
	EPP	194		1	0,0314	0,0401	0,5011**	0,0065	0,5018**	0,1405	-0,0237
	EPM	52		1	-0,1145	-0,2810*	0,7361**	-0,0962	0,7361**	0,1334	
	EG	13		1	-0,2541	0,5429*	0,5007*	-0,1920	0,5007*	-0,3762	
Comprimento do pedúnculo	BG	31			1	-0,1588	-0,0773	0,0462	-0,0772	0,1209	0,4837 **
	EPP	194			1	-0,0237	0,1373*	0,0597	0,1369*	0,0083	0,0040
	EPM	52			1	-0,0565	0,0059	0,1145	0,0059	-0,2317	
	EG	13			1	-0,0519	0,1232	0,4746	0,1232	-0,1031	
Nº de sementes mal-formadas por fruto	BG	31				1	0,2465	0,0368	0,2474	-0,3228	0,1150
	EPP	194				1	0,0108	0,0041	0,0107	0,0200	-0,1182
	EPM	52				1	-0,1009	0,0148	-0,1009	-0,5322*	
	EG	13				1	0,5598*	-0,3904	0,5598*	-0,4892	
Nº de sementes por fruto	BG	31					1	0,1576	0,9978 **	-0,4822*	-0,2613
	EPP	194					1	-0,0155	0,9990**	-0,3298*	0,1770*
	EPM	52					1	-0,0845	1,0000**	-0,0494	
	EG	13					1	0,0197	1,0000**	-0,3263	
Amplitude do nº de sementes por lóculo	BG	31						1	0,1640	0,4588 *	0,1608
	EPP	194						1	-0,0154	0,0243	0,0752
	EPM	52						1	-0,0845	-0,1881	
	EG	13						1	0,0197	0,3502	
Nº de Sementes por lóculo	BG	31							1	-0,4876 *	-0,2508
	EPP	194							1	-0,3298*	0,1767*
	EPM	52							1	-0,0494	
	EG	13							1	-0,3263	
Massa média das sementes	BG	18								1	0,7039 **
	EPP	26								1	-0,1819

Legenda: BG (*Bombacopsis glabra*, com sementes poliembriônicas) EPM (*Eriotheca pubescens* com sementes exclusivamente monoembriônicas), EPP (*Eriotheca pubescens* com sementes poliembriônicas) e EG (*Eriotheca gracilipes*, com sementes exclusivamente monoembriônicas).

1 O número de pares de cada correlação, é o menor n das duas características usadas em cada correlação. O n para o número médio de embriões para as espécies poliembriônicas foram 24 para BG, e para EPP foi de 163; e para a massa média de EPM foi de 18 e para EG foi de nove. Valores significativos para o teste *t* de "Student" com (\*)  $p < 0,05$  e (\*\*)  $p < 0,01$ .

## Discussão

### Ocorrência de Poliembrionia

O número médio de embriões por semente bem como o percentual de sementes poliembriônicas variou muito entre os indivíduos de *Eriotheca pubescens*. Esta variação parece ser comum em espécies com poliembrionia adventícia. Vários estudos com *Citrus* demonstram variação no número médio de embriões por semente, embora vários destes estudos trabalhem com diferentes espécies, variedades, acessos ou coleções de indivíduos que apresentam uma grande variedade morfológica. Foram encontrados para diferentes táxons 3,24 embriões em *Citrus nobilis* Loureiro (Rodrigues et al. 1999); 3,43 em cruzamentos entre o híbrido de *Citrus reticulata* x *Citrus sinensis* (L.) Osb. e *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Oliveira et al. 2000) 5,65 e 5,74 em *Citrus deliciosa* Tenore; 7,66 em *Citrus reticulata* Blanco. Variações dentro do mesmo taxon foram encontrados 1,4 a 6,2 embriões em *Citrus sinensis* (Domingues et al. 1998); de 1,41 a 2,39 em *Citrus limonia* Osbeck. (Ramos & Pasqual 1991; 1992) e 1,1 a 15,8 em *Citrus sunki* Hort. ex Tan. (Soares Filho et al. 2002).

O percentual de sementes poliembriônicas (taxa de poliembrionia) também pode variar dependendo do taxon e dentro do mesmo taxon. Em *Citrus*, pode variar de 1,4% em *Citrus clementina* Hort. ex Tan. (Soares Filho et al. 2000) a 100% em *Citrus sunki* (Soares Filho et al. 2002). Em *Citrus deliciosa* pode variar de 5,87% a 7,47% (Rodrigues et al. 1999) em *Citrus sunki* de 11,9% a 100% (Soares Filho et al. 2002). Para outros grupos, como no gênero *Allium*, também pode ser encontrada variação muito grande na percentagem de sementes poliembriônicas, desde zero (ex. *Allium caesium* Schrenk) até 32% (*Allium splendens* Willd.). Estes percentuais podem inclusive ser subestimativas, uma vez que os estudos envolvem emergência de plântulas múltiplas para caracterizar poliembrionia e não levam em conta sementes poliembriônicas onde um único embrião consegue emergir.

O estudo sobre a frequência de poliembrião em *Bombacopsis glabra* mostrou variação semelhante à descrita para *Eriotheca pubescens*, apesar de não terem sido encontrados indivíduos estritamente monoembriônicos. Variações no número médio de embriões em *Bombacopsis glabra* para os diferentes anos mostram que inúmeros fatores podem estar influenciando nesses resultados, não sendo o fator genético o único responsável por essa variação. Entre estes fatores podem ser incluídos a disponibilidade de recursos nutricionais, o tipo de polinização (autopolinização ou polinização cruzada), as condições climáticas dentre outros. Variações na produção de embriões e plântulas em diferentes anos foram encontradas para *Spiranthes cernua* (Schmidt & Antlfinger 1992) e espécies de *Allium* (Specht et al. 2001).

Vários fatores podem interferir no número médio de embriões em sementes poliembriônicas, dentre eles a taxa de polinização cruzada e a fonte de pólen para a fertilização. Experimentos com *Eriotheca pubescens* (Mendes-Rodrigues et al., dados não publicados) mostraram que a polinização cruzada tende a produzir sementes com maior número médio de embriões do que a autopolinização. Isto poderia ser extrapolado para indivíduos em que ocorre menor taxa de polinização cruzada, que acabaria produzindo menor número de embriões por indivíduo. Isto também pode explicar a variação que ocorre entre os frutos de um mesmo indivíduo, ou seja, frutos provindos de diferentes tipos de polinização podem apresentar diferentes números médios de embriões por semente. Como *Eriotheca pubescens* é uma espécie autocompatível (Oliveira et al. 1992) poderíamos encontrar tanto frutos oriundos de polinização cruzada como de autopolinização, ou até mesmo sementes dentro de um mesmo fruto advindas de um dos dois tipos de polinização.

Dados semelhantes foram mostrados para *Citrus limonia* Osbeck cv. Cravo, onde a polinização artificial, pela hibridação com pólen de *Poncirus trifoliata* L. Raf., propiciou taxas de poliembrião maiores que a autopolinização e a polinização natural (Ramos & Pasqual 1991b).

De maneira similar, em *Vincetoxicum rossicum* (Kleo.) Barb. (Asclepiadaceae), sementes provenientes de flores visitadas por polinizadores produziram 1,72 plântulas por semente enquanto em flores não visitadas a produção caiu para 1,54. No entanto, nos tratamentos de autopolinização,



polinização cruzada e polinização natural não foram encontradas diferenças no número médio de embriões por semente (St. Dennis & Cappuccino 2004).

Variação na ocorrência de reprodução assexuada também é encontrada em espécies com apomixia gametofítica, como em *Poa pratensis* L., Poaceae, com uma variação de 1,4% a 92,9% de sementes apomíticas (Albertini et al. 2001) ou *Dichanthium aristatum* (Poir) C.E. Hubb, com frequência de 59,58% e 90,84%, explicada pelo fotoperíodo a que a planta-mãe é exposta, inclusive mostrando indivíduos estritamente sexuais ou assexuais (Knox 1967).

A predominância de indivíduos poliembriônicos (86% do total de indivíduos) e a predominância de sementes poliembriônicas dentro dos indivíduos poliembriônicos (69% dos indivíduos com menos de 10% de sementes monoembriônicas) em relação à monoembrionia corrobora as previsões de que em grupos com sistemas reprodutivos mistos a evolução tende em direção de um estado dominado por sexualidade ou assexualidade (Bengtsson & Ceplitis 2000), ou seja, as espécies se reproduzem predominantemente por reprodução sexuada ou se reproduzem predominantemente por reprodução assexuada, sendo que espécies que se reproduzem com os mesmos níveis de reprodução sexuada e assexuada seriam raras.

A proporção de sementes monoembriônicas e poliembriônicas vem sendo usada para demonstrar o nível de reprodução sexual ou assexual de algumas espécies. A grande variação no percentual de sementes poliembriônicas, observada entre indivíduos de *Eriotheca pubescens* também foi encontrada em *Spiranthes cernua* (L.) L. C. Richard (Orchidaceae). Nesta espécie ocorreu uma grande variação no número de sementes poliembriônicas entre as cápsulas amostradas de um mesmo indivíduo, mas a predominância de sementes poliembriônicas confirma a natureza assexual da reprodução (Schmidt & Antlfinger 1992).

Embora não se tenha conseguido determinar os fatores efetivos que levam à variação no nível de poliembrionia, tanto em *Eriotheca pubescens* como em *Bombacopsis glabra*, a poliembrionia está associada à reprodução assexual, uma vez que os embriões extranumerários são originados de embrionia adventícia. Não existem evidências de formação de sacos embrionários

múltiplos, nem da divisão do embrião sexuado nestas espécies (Baker 1960; Duncan 1970; Oliveira et al 1992; Mendes-Rodrigues et al., dados não publicados). A variação nos níveis de poliembria pode estar refletindo algum fator do ambiente ainda não conhecido, que favoreça a progênie de origem assexuada, ou pode estar associada ao tipo de polinização.

Vários fatores vêm sendo propostos e discutidos, na tentativa de explicar a variação no nível de reprodução sexual, tais como a idade das plantas, os efeitos do ambiente em que as plantas ocorrem, as condições climáticas (tais como temperatura, luz, e fotoperíodo), a influência de substâncias químicas como os hormônios e a polinização (através da escolha do polinizador, condições do pólen aplicado e o tempo da polinização). Entretanto, todos tratam de espécies com apomixia gametofítica e mostram resultados pouco generalizáveis (Asker & Jerling 1992). Estudos que expliquem a variação nos níveis de reprodução sexuada em espécies com apomixia esporofítica como embria adventícia são extremamente raros (Naumova 1992). Dentre as espécies estudadas, como *Spiranthes cernua* e *Nigritella nigra* (L.) Reichb. f. (Orchidaceae), são encontrados indivíduos apomíticos, sexuais e intermediários (reproduzem-se por processos apomíticos e sexuais). Outros estudos mostram ainda uma variação na razão de formas apomíticas e sexuais em populações dos gêneros *Rubus*, *Potentilla*, *Alchemilla* e *Sanquisorba* (Naumova 1992).

Se a predominância de indivíduos e sementes poliembriônicas é um indicador de apomixia adventícia e reprodução clonal, a ocorrência de sementes e indivíduos monoembriônicos em *Eriotheca pubescens* poderia ser um indicador de eventos de reprodução sexuada. Em *Citrus* (Xiang & Roose 1988) foi demonstrado que existe correlação muito forte entre a frequência de embriões zigóticos, identificados através de eletroforese de isoenzimas, a proporção de sementes em que emergiram múltiplas plântulas ( $r = -0,84$ ) e o número médio de plântulas por semente ( $r = -0,80$ ). Efetivamente a ocorrência de sementes monoembriônicas em grupos (variedades ou cultivares) ou indivíduos de espécies com poliembria originada a partir de embria adventícia está usualmente associada à reprodução sexuada e/ou presença de embriões zigóticos, sendo monoembria originada de embria adventícia um fenômeno raro (Xiang & Roose 1988,

Schmidt & Antlfinger 1992, Naumova 1992). Infelizmente foi impossível utilizar marcadores moleculares ou outros métodos para testar efetivamente a relação entre monoembrionia e reprodução sexuada no presente estudo.

Em *Citrus sinensis* foi constatada uma variedade com sementes exclusivamente monoembriônicas e outras 43 variedades com uma variação de 1,5 a 8,4 embriões por semente e uma taxa de poliembrionia de 33,3 a 100%, mas neste estudo não foi definido se na variedade monoembriônica a origem do embrião era sexuada ou assexuada (Domingues et al 1999). Em *Citrus limon* (L.) Burm., uma cultivar monoembriônica, tinha os embriões originados sexuadamente e não apresentou nenhum indício de formação de embriões nucelares, enquanto outra cultivar poliembriônica mostrou a formação dos embriões extranumerários a partir de células do nucelo (Wilms et al. 1983).

O padrão de distribuição geográfica mais restrito dos indivíduos monoembriônicos (sexuais) em relação aos poliembriônicos (assexuais) em *Eriotheca pubescens*, vem sendo encontrado para várias espécies apomíticas, onde as formas sexuais apresentam uma distribuição mais restrita em relação às formas assexuais, como em *Taraxacum officinale* s.l. (Verduijn et al. 2004) e *Paspalum simplex* Morong ex Britton (Urbani et al 2002). Padrão semelhante tem sido encontrado quando se compara espécies sexuadas em relação às espécies assexuadas dentro de gêneros ou famílias, como foi descrito para *Crepis* e *Taraxacum* (Richards 1986), Melastomataceae (Goldenberg & Shepherd 1998) e Poaceae (Savidan 1985) e para outros taxa diversos (Mogie 1992).

Várias hipóteses tentam explicar a distribuição diferencial entre as formas sexuais e assexuais. Dentre estas, se propôs que a assexualidade deve se estabelecer em áreas onde a pressão de pestes e patógenos é baixa; ou ainda que há maior capacidade de colonização dos indivíduos apomíticos, por sua capacidade de fundar uma nova população a partir de um único indivíduo. É sugerido ainda que a poliploidia, muito comum nas formas assexuais, permita a estas formas conquistar ambientes em que os diplóides sexuais não seriam capazes de colonizar (Mogie 1992).

Associada a essa distribuição diferencial, tem-se mostrado que as populações de espécies apomíticas podem ser formadas a partir de um conjunto de indivíduos que apresentam diversos modos de reprodução, incluindo indivíduos apomíticos obrigatórios, apomíticos facultativos e sexuais. Mesmo em populações totalmente apomíticas, onde se esperaria a existência de baixíssima diversidade genética, têm-se encontrado um mosaico de clones distintos, provavelmente originados a partir de eventos de reprodução sexuada que deram origem a progênies com genes para a apomixia durante a dispersão da espécie (Bayer et al. 1990). Indivíduos de *E. pubescens* mostram alguma variabilidade gênica, o que sugere a ocorrência de eventos de reprodução sexuada (Martins & Oliveira 2004).

### **Biometria dos Frutos**

Os dados de biometria de frutos indicam que as características dos frutos do padrão monoembriônico de *Eriotheca pubescens* são mais próximas das características dos frutos de *Eriotheca gracilipes*. Dada a semelhança morfológica e características de número cromossômico, é plausível pensar que esta espécie sexuada possa estar associada com a origem poliplóide de *Eriotheca pubescens* (Oliveira et al. 1992) e a retenção de características semelhantes em indivíduos monoembriônicos remete, por analogia, a idéia de que estes indivíduos sejam também sexuados. Na verdade, as características dos frutos não foram suficientes para separar ou excluir indivíduos de um dos dois padrões de formação de embriões, alguns indivíduos de determinado padrão de embrionia apresentam a morfologia dos frutos mais condizentes com o outro padrão de embrionia. Outros dados de morfologia vegetativa, tais como a morfologia de folhas (Clesnan Mendes Rodrigues, análises em andamento), tão pouco parecem mostrar uma diferenciação clara entre os dois padrões. Na última revisão taxonômica para o grupo (Robyns 1963), *Eriotheca pubescens* é dividida em duas subespécies separadas principalmente por diferenças no tamanho do pecíolo. No entanto, todos os indivíduos examinados até o momento com atenção a tal característica, sejam eles

monoembriônicos ou poliembriônicos, podem ser claramente enquadrados dentro de *Eriotheca pubescens* subsp. *tomentosa*.

Diferenças na morfologia de frutos e sementes podem de alguma maneira estar associadas ao padrão reprodutivo dos indivíduos, embora as razões dessa associação sejam difíceis de explicar. Em *Antennaria parlinii* foram encontradas populações pistiladas que eram assexuais, enquanto outras populações com indivíduos pistilados e estaminados eram sexuais ou mistas (O'Connell & Eckert 1999). Além de uma seleção diferencial por habitats pelas populações assexuadas e sexuadas, as populações assexuadas exibiram produção de duas vezes mais sementes, maior massa das sementes, maior esforço reprodutivo geral e menor velocidade de dispersão das sementes que as populações sexuadas (Michaels & Bazzaz 1986, O'Connell & Eckert 2001). O padrão poliembriônico de *Eriotheca pubescens* também parece mostrar um maior esforço reprodutivo, evidenciado pelo maior número de sementes, com uma massa maior que aquela apresentada pelo padrão monoembriônico, embora diferenças no sistema reprodutivo ainda precisem ser melhor esclarecidas.

Na espécie apomítica *Pilosella officinarum* L., (Asteraceae); tampouco foi encontrado um agrupamento claro entre os indivíduos a partir das características morfológicas que permitissem identificar clones genéticos ou subespécies. Ao invés disto, os indivíduos eram parte de um contínuo de variação, com características mais sugestivas de reprodução sexual do que de apomixia. As populações poderiam ser formadas de híbridos entre as subespécies que são capazes de reprodução sexual, e a ocorrência de mutações somáticas pode ser um dos fatores importantes na origem dessas variações morfológicas (Chapman & Brown 2001). No entanto, para outros grupos, uma variedade de características morfológicas como a forma da folha, a diversidade de tricomas e espinhos têm sido utilizada na separação de agamoespécies (Richards 1986).

## Relações entre Morfologia e Poliembryonia

Análises morfológicas mostraram uma relação entre o número médio de embriões por semente com a massa média das sementes e o comprimento do pedúnculo, para *Bombacopsis glabra* embora explicações biológicas plausíveis não tenham sido encontradas para tais correlações.

Outros estudos tentaram mostrar as relações da poliembryonia com as características dos frutos ou do processo de germinação (Ramos & Pasqual 1991; Ramos & Pasqual 1992; Mondragon-Jacobo 2001). Em *Citrus* também não foram encontradas correlações de grande magnitude entre a morfologia dos frutos e a poliembryonia como em *Citrus limonia* Osbeck. (Ramos & Pasqual 1991) ou em cruzamentos de *Citrus limonia* com *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. (Ramos & Pasqual 1992). Embora Domingues et al. (1998) tenham encontrado uma relação entre a massa das sementes e o número de embriões por semente ( $r = 0,61$ ) para variedades de *Citrus*. Em *Citrus sinensis* Domingues et al. (1999) encontraram correlações significativas entre o percentual de pólen viável e o número de embriões por semente e a taxa de poliembryonia (0,37 e 0,30; respectivamente).

## Conclusão

O conjunto de dados obtido permitiu constatar a ocorrência de indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos em *Eriotheca pubescens* e que, apesar de dominante, a ocorrência da poliembryonia varia entre frutos e indivíduos. Indivíduos estritamente monoembriônicos foram identificados, sendo que os dois padrões, monoembriônico e poliembriônico, mostraram diferenças morfológicas que poderiam representar diferenças taxonômicas ou no modo reprodutivo entre as populações de *E. pubescens* estudadas. Entretanto, as características morfológicas de frutos e sementes não são exclusivas de cada padrão e não permitem ainda delimitação clara. Estudo semelhante em *Bombacopsis glabra* também mostrou grande variação na frequência de poliembryonia e na quantidade embriões por semente, apesar de não terem sido observados indivíduos estritamente monoembriônicos. A frequência da poliembryonia foi diferente entre os indivíduos e entre os três anos de estudo.

## Capítulo II

# Germinação e emergência a partir de sementes monoembriônicas e poliembriônicas de Bombacoideae, (Malvaceae *sensu lato*).

### Introdução

Para a maioria das espécies vegetais, as sementes são monoembriônicas, ou seja, ocorre a formação de um único embrião por semente, que posteriormente dá origem a uma única plântula. No entanto, para algumas espécies ocorrem sementes poliembriônicas, com mais de um embrião e, portanto, pode originar mais de uma plântula por semente.

A poliembrionia pode ser originada de processos sexuais, como a fertilização de múltiplos sacos embrionários em algumas espécies de Vochysiaceae (Carmo-Oliveira 1998), mas é comumente associada a processos apomíticos. Os embriões apomíticos podem se originar a partir de células do nucelo ou dos tegumentos do óvulo, ou ainda de células do saco embrionário que recebem algum estímulo e desenvolvem-se espontaneamente em embriões assexuados (Lakshmanan & Ambegaokar 1984).

A presença de monoembrionia e poliembrionia em uma espécie é de vital importância e interesse, visto que a ocorrência de embriões extranumerários pode alterar o padrão de germinação da espécie, podendo levar à competição tanto entre os embriões dentro da mesma semente, como a competição entre plântulas gêmeas originadas destes embriões.

Dentro das Bombacoideae (Malvaceae *sensu lato*) há espécies monoembriônicas e poliembriônicas, ocorrendo ainda indivíduos monoembriônicos e poliembriônicos dentro da mesma

espécie (Capítulo I); representando bons modelos para o estudo do efeito da poliembrião sobre a germinação das sementes.

A poliembrião neste grupo foi primeiramente detectada em *Bombax kimuenzae* de Wild. (Robyns 1959 apud Naumova 1992), *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (Baker 1960, Duncan 1970) e em *Eriotheca pubescens* subsp. *tomentosa* (St. Hil., Juss. & Camb.) (Oliveira et al. 1992; Mendes-Rodrigues et al., dados não publicados). Nestas espécies, a poliembrião tem caráter adventício e apomítico, estando associada à proliferação de células do nucelo. Estudos mais detalhados em *Eriotheca pubescens* permitiram detectar dois padrões de indivíduos, um grupo de indivíduos com sementes predominantemente poliembriônicas e outro com sementes exclusivamente monoembriônicas. Semelhanças morfológicas entre frutos e sementes deste segundo grupo monoembriônico e os da espécie sexuada *Eriotheca gracilipes* (K. Sch.) Robyns e a analogia com outros grupos de plantas onde situação semelhante foi encontrada, sugerem origem sexuada dos embriões (Capítulo I).

Os estudos de germinação dentro de Bombacoideae se restringem a espécies monoembriônicas e sexuadas como *Adansonia digitata* L. (Danthu 1995); *Ochroma lagopus* Swartz (Vazquez-Yanes 1974, Barbosa et al. 2004); *Ochroma pyramidale* (Cav.) Urb. (Netto 1994). Mesmo em trabalho com *Bombacopsis glabra* (Scalon et al. 2003), uma espécie poliembriônica, nenhuma referência foi feita sobre o efeito da poliembrião na germinação ou emergência.

A maioria dos trabalhos de germinação de sementes com outros grupos também enfoca espécies monoembriônicas, ou quando trata de espécies poliembriônicas, nenhuma referência é feita sobre a interferência da poliembrião no processo de germinação ou nas fases posteriores como o crescimento das plântulas. Alguns poucos estudos de germinação de espécies poliembriônicas dão ênfase somente à capacidade de formação de mais de uma plântula ou à formação de plântulas anômalas como em espécies de *Hieracium*, Asteraceae (Koltunow et al. 1998) e *Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker-Gawl., Liliaceae (Fukai et al. 2000).



Para caracterizar o padrão de germinação de sementes, tradicionalmente se usa a capacidade da semente de germinar em uma determinada condição, capacidade esta normalmente expressa pela porcentagem de sementes que germinaram em relação ao total de sementes do início do experimento, conhecida como germinabilidade. Alguns estudos recentes têm incluído outras características, tais como o tempo gasto para que a semente germine ou possa emergir do solo, a velocidade com que o processo ocorre ou ainda a sincronia entre as sementes em germinação (Santana & Ranal 2004).

Estudos de germinação em espécies com sementes poliembriônicas podem mostrar se a presença de poliembrionia pode, além de afetar a germinabilidade, modificar o padrão de germinação ou de emergência das plântulas. Essas medidas também podem servir como indicativos do vigor ou da capacidade das plântulas originadas de sementes poliembriônicas para se estabelecerem, explicando a origem basicamente clonal das plantas de *Eriotheca pubescens* (Martins & Oliveira 2003) e a predominância de indivíduos poliembriônicos nas populações estudadas até o momento.

O objetivo do trabalho foi verificar a interferência da poliembrionia no padrão de germinação de sementes, emergência e crescimento inicial de plântulas de sementes poliembriônicas, comparadas às sementes monoembriônicas dentro de Bombacoideae.

Dentre as hipóteses do estudo esperava-se encontrar um padrão de germinação de sementes e emergência de plântulas semelhantes para as espécies poliembriônicas e monembriônicas, na medida que dados moleculares indicaram populações predominantemente clonais. Estudos sobre a sobrevivência de embriões em cultura (Mendes-Rodrigues et al. 2005) sugerem que a poliembrionia pode interferir no padrão de desenvolvimento pós-seminal dos embriões, com a divisão dos recursos entre embriões de uma semente e um menor crescimento das plântulas poliembriônicas em relação as monoembriônicas.

## Material e Métodos

### Espécies em Estudo

Foram incluídas no estudo *Bombacopsis glabra*, *Eriotheca gracilipes*, *Eriotheca pubescens*, *Pseudobombax longiflorum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns e *Pseudobombax tomentosum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns, todas da subfamília Bombacoideae (Malvaceae, *sensu lato*). Ver descrição das três espécies iniciais no Capítulo I.

A caracterização das espécies complementares foi obtida a partir de Robyns (1963), Lorenzi (1992) e Oliveira et al. (1992) e segue abaixo:

*Pseudobombax longiflorum* (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*) é uma árvore encontrada em áreas de cerrado nos estados de Minas Gerais e nos estados ao norte do Paraná. É uma planta decídua, clímax, com baixa frequência de ocorrência.

*Pseudobombax tomentosum* (Bombacoideae, Malvaceae *sensu lato*) é uma árvore de grande porte encontrada em áreas de cerrado e cerradões nos estados da Bahia, Tocantis até o Mato Grosso do Sul e São Paulo. Floresce nos meses de julho-agosto e os frutos amadurecem em agosto-outubro. É uma planta decídua, heliofita, seletiva xerófita, clímax, com baixa frequência de ocorrência, sendo encontrada em solos arenosos ou argilosos, porém férteis, ou em áreas abertas de pastagens.

### Área de Estudo

Todas as espécies foram coletadas em áreas de cerrado. As sementes de *Eriotheca pubescens* e de *Pseudobombax longiflorum*, foram coletadas de indivíduos ocorrentes ao longo da rodovia que liga Uberlândia, Minas Gerais à Brasília, Distrito Federal. As de *Pseudobombax tomentosum* foram coletados em uma área ocorrente próxima a Uberlândia. E as de *Bombacopsis glabra* e *Eriotheca gracilipes* foram coletadas no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, em praças e calçadas onde as duas espécies servem de arborização.

## Germinação e Emergência das Espécies

As espécies foram separadas em dois padrões de acordo com a presença ou não de poliembria, sendo que foram consideradas espécies monoembriônicas aquelas em que todas as sementes produzidas pelos indivíduos possuíam somente um embrião. Nessa categoria foram incluídas *Eriotheca gracilipes*, *Pseudobombax longiflorum* e *Pseudobombax tomentosum*. Foram classificadas como espécies poliembriônicas aquelas que apresentavam sementes com mais de um embrião, sendo incluída nessa categoria *Bombacopsis glabra*. A espécie *Eriotheca pubescens* foi incluída nos dois padrões, visto que apresenta indivíduos que produzem sementes exclusivamente com um embrião (padrão monoembriônico) e indivíduos que produzem sementes com um ou mais embriões (padrão poliembriônico).

As sementes de todas as espécies foram coletadas a partir de frutos colhidos diretamente na copa. Os frutos foram apanhados antes de se dispersarem e foram mantidos à temperatura ambiente e ao abrigo da luz até abrirem, sendo então as sementes coletadas e armazenadas em sacos de papel à temperatura ambiente. Somente foram usados frutos que abriam até três dias após a coleta, para evitar o uso de sementes imaturas. No caso da coleta de sementes em *Bombacopsis glabra*, além da coleta na copa, foram coletadas sementes no solo pós-dispersão, devido à sua maior disponibilidade nesse local. As sementes coletadas no solo também foram mantidas em sacos de papel à temperatura ambiente. Para os tratamentos de germinação e de emergência as duas fontes de coleta foram mantidas em separado. Uma vez que, o efeito da fonte de coleta poderia ser interpretado como efeito da poliembria, ou a mistura das sementes poderia dificultar a visualização de alguma interferência da poliembria.

Para o estudo da germinação das sementes, usou-se quatro repetições para cada um dos tratamentos, sendo usadas 25 sementes em cada repetição. As sementes foram semeadas em caixas gerbox com um volume de aproximadamente 100 cm<sup>3</sup> de vermiculita umedecida com água destilada, e mantidas em câmara de germinação (Seedburo Company, modelo MDG2000), a 25 °C, com 30% de umidade, sob luz branca fluorescente contínua. Sempre que necessário o substrato foi

umedecido com água destilada. Ao longo do experimento foram feitas assepsias das sementes, também com água destilada, sempre que necessário, para retirar hifas de fungos quando presentes nas sementes.

Foram instalados dois experimentos de germinação. O primeiro, para as espécies de *Eriotheca* e *Pseudobombax*, foi mantido sob irradiância de  $11,90 \pm 6,52 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, para verificar a interferência da poliembrionia sobre a germinação das sementes. Para representar as espécies monoembriônicas, foram selecionadas *Eriotheca pubescens* (padrão monoembriônico), *Eriotheca gracilipes*, *Pseudobombax longiflorum*, *Pseudobombax tomentosum*; e para as espécies poliembriônicas foi selecionada a espécie *Eriotheca pubescens* (padrão poliembriônico). Um segundo experimento, delineado de maneira similar, foi instalado para o estudo da germinação das sementes de *Bombacopsis glabra*. Este experimento foi realizado em separado devido às diferenças no tamanho das sementes e no período de frutificação, mas sob as mesmas condições de temperatura e luminosidade.

Para os testes de emergência as sementes dos padrões monoembriônico e poliembriônico de *Eriotheca pubescens* foram semeadas a aproximadamente 1 cm de profundidade em bandejas multicelulares de isopor, preenchidas com substrato comercial. O experimento foi organizado usando-se 260 sementes de *Eriotheca pubescens* provindas de 26 indivíduos poliembriônicos (10 de cada indivíduo) e 45 sementes de *Eriotheca pubescens* provindas de uma mistura de indivíduos monoembriônicos. Para os testes de emergência em *Bombacopsis glabra*, realizados em separado, as sementes da copa e do solo foram semeadas a 1 cm de profundidade, em sacos de plástico para mudas, de 13 cm de altura por 13 cm de diâmetro, preenchidos com uma mistura de solo e substrato comercial (4:1). Os dois experimentos foram mantidos em uma estufa coberta com sombrite que permite a passagem de 50% da luz natural, sendo que os experimentos foram irrigados sempre que necessário. Foram usados quatro tratamentos com 25 sementes cada amostra, para as duas fontes de coleta em *Bombacopsis glabra*.

As anotações do número de sementes que germinaram ou emergiram foram realizadas uma vez ao dia, sempre no mesmo horário, sendo que as sementes que germinavam eram descartadas. Como critério de germinação foi adotado a protrusão da radícula e como critério de emergência foi adotada a emergência da plântula acima do nível do solo.

Tanto para germinação quanto para emergência, foram calculados a  $G$ : Germinabilidade e  $E$ : Emergência (Labouriau 1983),  $\bar{t}$ : tempo médio de germinação (Labouriau 1970),  $CVt$ : Coeficiente de variação do tempo (Santana & Ranal, comunicação pessoal),  $\bar{v}$ : velocidade média de germinação (Labouriau, 1970),  $I$ : Índice de Incerteza (Labouriau & Valadares 1976), baseados em Santana & Ranal (2000) e  $Z$ : Índice de sincronização (Primack 1980).

Baseando-se em características cotiledonares e no comprimento do hipocótilo, as plântulas foram classificadas segundo a classificação morfofuncional de Miquel (1978).

### **Frequência de Embriões e Plântulas**

O número médio de embriões por semente foi obtido dos dados já apresentados no Capítulo I e análises complementares, quando necessário eram realizadas pela dissecação de sementes recém germinadas. O número de plântulas que emergiu por semente foi obtido dos experimentos de emergência, sendo que foram marcados nos experimentos os indivíduos que originaram as sementes de maneira a comparar o número de plântulas que emergiram com o número médio de embriões por indivíduo, comunicado no Capítulo I.

### **Correlações entre Germinação, Emergência e Poliembrionia**

Algumas medidas das sementes de *Bombacopsis glabra* como o comprimento, a largura, a espessura, a massa e o volume da semente foram correlacionados com o número de embriões e ou plântulas, o número de horas gasta para que a semente germine ou os dias gastos para a emergência das plântulas. Para *Eriotheca pubescens* o número de plântulas por semente foi correlacionado com o tempo gasto para que a plântula emergisse.

## Biometria de Embriões e Plântulas

Foi calculada a massa média dos embriões em *Bombacopsis glabra* no momento da germinação. Para isto, os embriões foram separados da testa e do resto do endosperma, então foram ordenados pelo tamanho e tiveram sua massa aferida com o auxílio de uma balança de precisão de 0,0001g. Foram avaliados embriões de 34 sementes, num total de 153 embriões.

Uma amostra das sementes germinadas foi transplantada para sacos de plásticos de 30 cm de altura por 13 cm de diâmetro, preenchidos com solo comum, e mantidos em estufa coberta por sombrite 50%, sendo regados periodicamente. Para cada saco plástico foi transplantada uma semente. Após nove e 16 meses da semeadura das sementes para *Eriotheca pubescens* e *Bombacopsis glabra*, respectivamente, as plantas jovens foram exumadas e analisadas quanto a algumas características biométricas.

Para a análise biométrica em *Eriotheca pubescens* as plantas jovens foram divididas em quatro padrões que se seguem: Padrão MM, plantas jovens monoembriônicas originadas de indivíduos com sementes exclusivamente monoembriônicas; Padrão MP, uma planta jovem por semente originada de uma única semente de indivíduos poliembriônicos; Padrão BP, duas plantas jovens originadas de uma única semente provinda de indivíduos com sementes poliembriônicas, Padrão TP, três plantas jovens originadas de uma única semente provinda de indivíduos com sementes poliembriônicas. Para *Bombacopsis glabra* somente ocorreram os padrões MP, BP e TP.

As características biométricas avaliadas foram o número de folhas por planta, a altura da planta (considerada do colo até o ápice da folha mais superior), a altura da gema (considerada do colo até a gema apical), o diâmetro do caule (medido no colo em contato com o solo), comprimento do xilopódio, diâmetro do xilopódio (considerando o maior diâmetro apresentado), altura do caule (considerado do xilopódio até a inserção da primeira folha), além da massa seca. Em *Bombacopsis glabra* o comprimento da raiz e a inserção da primeira folha não puderam ser avaliados.

Para a massa seca, o material foi separado em parte aérea (parte superior ao xilopódio em *Eriotheca pubescens* e acima do colo do caule em *Bombacopsis glabra*) e parte subterrânea. O

material foi acondicionado em sacos de papel que posteriormente foi mantido em estufa a 70 °C, até massa constante (mínimo de 08 dias). Foi calculada a razão entre a massa seca da parte aérea e a massa seca total, além da razão entre a massa subterrânea em relação à massa aérea. A massa foi aferida em uma balança digital com precisão de 0,0001 g.

### **Padrão de Crescimento das Plântulas**

Para avaliar o crescimento das plântulas foram realizadas medidas periódicas da maior altura da plântula (do solo ao ápice da última folha). Estas medidas foram plotadas em função do dia de emergência de cada uma das plântulas e foi testada a regressão linear e a significância do ajuste.

### **Análise Estatística**

Para a análise estatística das médias de mais de duas amostras foi testada a normalidade para os resíduos da análise da variância, pelo teste de Shapiro-Wilk, e testada a homogeneidade entre variâncias pelo teste de Levene. Dados com normalidade e homogeneidade foram analisados com ANOVA, e o teste de Tukey para as combinações binárias. Caso algum desses dois pressupostos não fosse atendido optou-se por usar o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis e de Dunn para as comparações binárias; embora tenha-se tentado a transformação de dados antes de utilizar uma análise não-paramétrica.

Para a comparação de duas amostras nos outros experimentos as amostras foram testadas quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida foi utilizado o teste *t* de “Student” para dados com normalidade e o teste de Mann-Whitney quando uma ou as duas amostras não apresentavam normalidade.

Para a análise estatística do experimento de emergência de plântulas em *Eriotheca pubescens* as medidas com variabilidade associada (Emergência, tempo médio de emergência, velocidade média de emergência e incerteza da emergência), tiveram as duas amostras comparadas pelo teste *t* de “Student” para variâncias heterogêneas. A variância do tempo médio de emergência

## Resultados

### Germinação e Emergência das Espécies

As sementes poliembriônicas de *Eriotheca pubescens* mostraram diferenças no padrão de germinação quando comparadas com as espécies monoembriônicas (Tabela 1). As sementes poliembriônicas de *Eriotheca pubescens* tiveram menor germinabilidade em relação a todas as outras espécies (80%), embora com valores próximos aos das sementes poliembriônicas coletadas diretamente da copa de *Bombacopsis glabra* (84%) (Tabela 2). Os valores do tempo médio de germinação, a velocidade média de germinação e a incerteza da germinação para as sementes poliembriônicas de *Eriotheca pubescens* foram muito próximos aos do tipo monoembriônico em *Eriotheca pubescens* e aquelas das duas espécies de *Pseudobombax*. Estes valores contrastam com os obtidos para *Eriotheca gracilipes*, que apresentou o dobro do tempo médio de germinação (31,50 dias) e a menor sincronia na germinação de todas as espécies (0,026). Embora *Eriotheca pubescens* (poliembriônica) tenha apresentado um tempo médio próximo às outras espécies, as sementes apresentaram uma grande variação na germinação expressa pelo mais alto  $CVt$  de todas as espécies (75,38%).

Os resultados da germinação em *Bombacopsis glabra* (Tabela 2), foram influenciados pela origem das sementes, sendo que as sementes coletadas sobre o solo apresentavam germinação menor (74%), embora com maior sincronia, expressa pelo maior valor de  $Z$  (0,299). Em contraste, as coletadas diretamente da copa tiveram uma germinação e tempo médio de germinação maior, além de terem tido velocidade média de germinação e sincronia menores. A emergência de plântulas a partir de sementes coletadas no solo foi muito baixa (5%), comparada às coletadas diretamente da copa (84%). Entretanto, as plantas das sementes coletadas no solo apresentaram maior vigor, expresso pela diminuição do tempo médio para emergir e pela maior velocidade de emergência.



As sementes dos indivíduos de *Eriotheca pubescens* não mostraram diferenças significativas para a emergência de plântulas e as demais medidas da emergência entre os dois padrões de embrionia (Tabela 3). Apresentaram no tipo monoembriônico 73,33% e no poliembriônico 70,77% de emergência, ambos menores que a porcentagem de germinação e com um aumento de seis dias no tempo médio de emergência em relação à germinação.

As espécies mostraram diferentes padrões de classes morfofuncionais, sendo que *Eriotheca pubescens* e *Eriotheca gracilipes* apresentaram plântulas fânero-hipógeo-armazenadoras, *Pseudobombax tomentosum* e *Pseudobombax longiflorum* mostraram plântulas fânero-epígeo-foliáceas e *Bombacopsis glabra* apresentou plântulas fânero-epígeo-armazenadoras. Embora a classe morfofuncional das plântulas de sementes poliembriônicas não tenha sido alterada, foram registradas várias anomalias no processo de emergência, tais como fusão de duas plântulas, emergência em tempos diferenciais de plântulas gêmeas, plântulas menores arrastadas pelos cotilédones da plântula maior, desenvolvimento da plântula dentro da testa da semente, ausência ou formação de apenas um cotilédone, plântulas gêmeas com forte discrepância no tamanho.

### **Frequência de Embriões e Plântulas**

A análise geral de 1650 sementes do tipo poliembriônico de *Eriotheca pubescens*, independente do indivíduo de origem, mostrou que a frequência de embriões varia entre um e 13, sendo que as classes de maior frequência foram a de três e quatro embriões, com 21% das sementes cada uma, seguidas da de cinco embriões (17% das sementes) e a de dois embriões (14% das sementes), mostrando que tanto a monoembrionia (8% das sementes) como um elevado número de embriões por semente são as características menos comuns em *Eriotheca pubescens* (Figura 1). Para 177 sementes avaliadas para o número de plântulas por semente, a amplitude foi de uma até sete plântulas, sendo que o número mais frequente foi de duas plântulas por semente (39%), seguido de uma, três (23% cada) e quatro plântulas (11%).

A análise geral de 754 sementes de *Bombacopsis glabra*, independente do ano ou do indivíduo de origem, mostrou que a frequência de embriões varia entre um e 14. A classe de maior frequência foi a de três embriões, com 28% das sementes, seguida da de quatro embriões (20% das sementes) e a de dois embriões (18% das sementes). Os dados mostram que a monoembrionia ou um elevado número de embriões por semente não são características muito comuns em *Bombacopsis glabra* (Figura 2). Já para as 84 sementes avaliadas para verificar o número de plântulas por semente, a amplitude de variação foi de uma até cinco plântulas. O número mais frequente foi de duas plântulas em 42% das sementes; seguido de uma (30% das sementes) e três (24% das sementes) (Figura 2).

O número de plântulas que emergiram por semente do tipo poliembriônico de *Eriotheca pubescens* não mostrou correlação com o número de dias gastos para emergir ( $r = -0,2421$ ;  $n = 175$ ;  $p = 0,5801$ ). Por outro lado, o número médio de embriões por semente de cada indivíduo mostrou ajuste significativo ( $F = 26,06$ ;  $p = 0,0001$ ;  $R^2 = 52,06$ ) à regressão linear com o número médio de plântulas por semente de cada indivíduo (Figura 3).

### **Correlações entre Germinação, Emergência e Poliembrionia**

Para *Bombacopsis glabra*, as características de largura, comprimento, espessura, massa e volume da semente foram todas correlacionadas entre si, mostrando valores estatisticamente significativos (Tabela 04). No entanto, o número de embriões foi correlacionado significativamente somente ao comprimento ( $r = 0,2064$ ;  $p < 0,05$ ) e ao volume da semente ( $r = 0,1936$ ;  $p < 0,05$ ), embora com correlações foram baixas. A largura da semente também foi correlacionada com o número de horas que a semente gastou para germinar ( $r = 0,2254$ ;  $p < 0,05$ ); e o número de plântulas foi negativamente correlacionado com o número de dias gasto para as plântulas emergirem ( $r = -0,3515$ ;  $p < 0,01$ ).

**Tabela 1.** Medidas da germinação de sementes de espécies de *Eriotheca* e *Pseudobombax* (Bombacoideae, Malvaceae) com diferentes padrões de embrionia.

Medida (unidade)	Espécies e Embrionia <sup>1</sup>					F ou H
	<i>E. gracilipes</i> monoembriônica	<i>E. pubescens</i> monoembriônica	<i>E. pubescens</i> poliembriônica	<i>P. longiflorum</i> monoembriônica	<i>P. tomentosum</i> monoembriônica	
<i>G</i> : Germinabilidade (%)	96,00 ± 5,66 b	98,00 ± 4,00 ab	80,00 ± 10,33 c	99,00 ± 2,00 a	97,00 ± 2,00 ab	5,939**
$\bar{t}$ : tempo médio de germinação (dias)	31,50 ± 8,33 b	11,87 ± 1,42 ab	12,11 ± 4,89 ab	12,17 ± 0,32 ab	11,68 ± 0,48 a	9,818***†
<i>CVt</i> : Coeficiente de variação do tempo (%)	49,21 ± 12,52	52,66 ± 10,83	75,38 ± 13,64	30,17 ± 1,78	22,25 ± 4,83	
$\bar{v}$ : velocidade média de germinação(dias <sup>-1</sup> )	0,033 ± 0,0078 b	0,085 ± 0,0102 a	0,094 ± 0,0394 a	0,082 ± 0,022 a	0,086 ± 0,0034 a	9,818***†
<i>I</i> : Incerteza (bits)	4,11 ± 0,33 c	3,49 ± 0,25 bc	3,24 ± 0,47 ab	3,29 ± 0,09 ab	2,81 ± 0,24 a	9,812**
<i>Z</i> : Índice de sincronia	0,026 ± 0,0235 b	0,064 ± 0,0187 a	0,081 ± 0,0599 a	0,082 ± 0,0043 a	0,143 ± 0,0423 a	12,386 *†

<sup>1</sup> Média ± desvio padrão, médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem significativamente pelo teste *F* de Snedecor e de Tukey ou pelo teste H de Kruskal-Wallis e de Dunn (†); \* *p* < 0,05 e \*\* *p* < 0,01.

**Tabela 2.** Medidas da germinação e emergência de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae), a partir de sementes poliembriônicas coletadas no solo e diretamente da copa em Uberlândia – Minas Gerais.

Germinação de sementes		Solo	Copa
Medidas (unidade)		X ± DP <sup>1</sup>	X ± DP <sup>1</sup> t ou U <sup>1</sup>
G (%) (Germinabilidade)		74,00 ± 12,00 b	98,00 ± 4,00 a      16 *†
$\bar{t}$ (dias) (tempo médio de germinação)		4,28 ± 0,26 a	6,74 ± 0,58 b      7,767 **
CVt (%) (Coeficiente de variação do tempo)		32,98 ± 8,44	35,07 ± 4,16
$\bar{v}$ (dias <sup>-1</sup> ) (velocidade média de germinação)		0,234 ± 0,014 a	0,149 ± 0,013 b      8,782 **
I (bits) (Incerteza)		1,84 ± 0,39 a	2,62 ± 0,34 b      3,006 *
Z (Índice de sincronia)		0,299 ± 0,110 a	0,147 ± 0,048 b      2,532 *

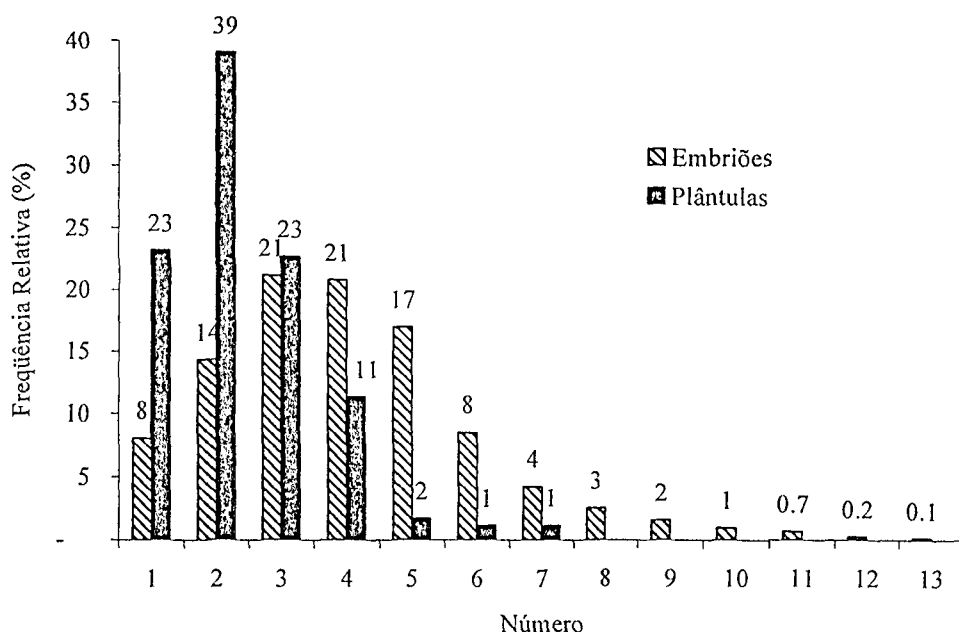
Emergência de plântulas		Solo	Copa
Medidas (unidade)		X ± DP <sup>1</sup>	X ± DP <sup>1</sup> t ou U <sup>1</sup>
E (%) (Emergência)		5,00 ± 2,00 b	84,00 ± 16,00 a      16 *†
$\bar{t}$ (dias) (tempo médio de emergência)		16,62 ± 3,94 a	18,83 ± 2,32 a      0,966
CVt (%) (Coeficiente de variação do tempo)		42,04	25,28 ± 4,86
$\bar{v}$ (dias <sup>-1</sup> ) (velocidade média de emergência)		0,063 ± 0,016 a	0,054 ± 0,006 a      1,094
I (bits) (Incerteza)		0,25 ± 0,50 a	3,12 ± 0,11 b      16 *†
Z (Índice de sincronia)		0,00 ± 0,00 b	0,088 ± 0,024 a      0 *†

<sup>1</sup> X ± DP: Médias ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem significativamente pelo teste t de “Student” ou U de Mann-Whitney (†); \* p < 0,05 e \*\* p < 0,01.

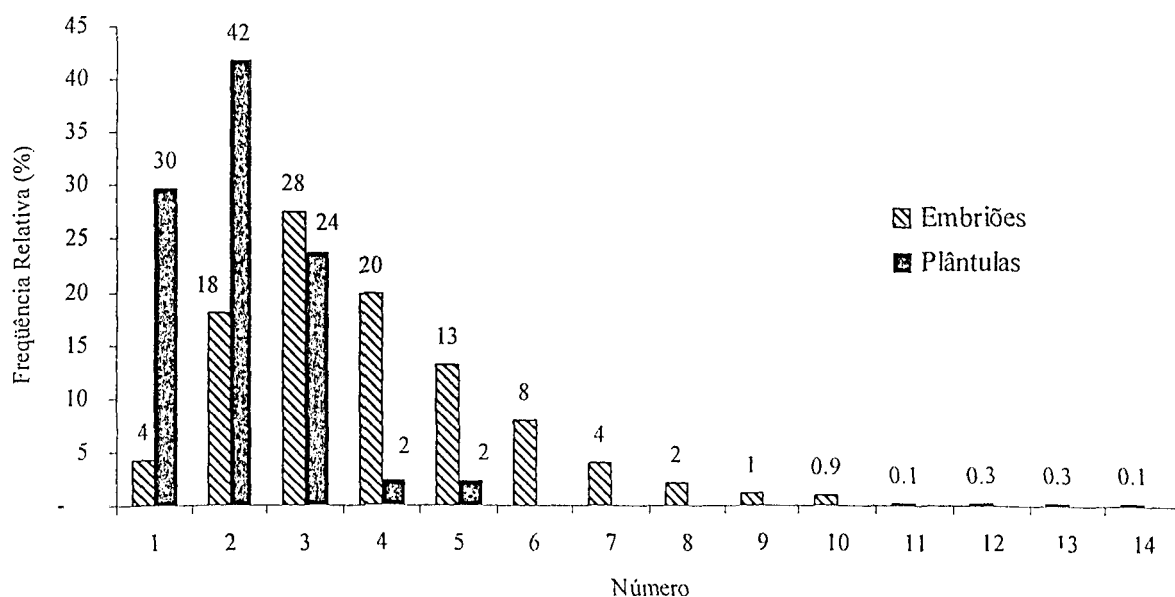
**Tabela 3.** Medidas de emergência de plântulas de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) a partir de indivíduos monoembriônicos ou poliembriônicos coletados entre Uberlândia (Minas Gerais) e Brasília (Distrito Federal).

Medida (unidade)	<i>E. pubescens</i> <sup>1</sup>	<i>E. pubescens</i> <sup>1</sup>
	Monoembriônica	poliembriônica
E: Emergência (%)	73,33 a	70,77 a
$\bar{t}$ : tempo médio de emergência (dias)	18,78 a	18,91 a
CVt: Coeficiente de Variação do tempo (%)	21,73 a	16,49 a
$\bar{v}$ : velocidade média de emergência (dias <sup>-1</sup> )	0,053 a	0,053 a
I: Incerteza (bits)	3,05 a	3,43 a
Z: Índice de sincronia	0,121 a	0,111 a

<sup>1</sup> Médias ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem significativamente.



**Figura 1.** Frequência relativa (%) de embriões e plântulas de indivíduos poliembriônicos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) obtidas a partir da dissecação de sementes (n = 1650) e da emergência de plântulas (n = 177), respectivamente.



**Figura 2.** Frequência relativa (%) de embriões e plântulas de indivíduos poliembriônicos de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns (Bombacoideae, Malvaceae) obtidas a partir da dissecação de sementes (n = 754) e da emergência de plântulas (n = 84), respectivamente.

**Tabela 4.** Correlações de Pearson entre as características biométricas de sementes, embriões, plântulas e de algumas medidas de germinação e emergência, para de sementes de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae) coletadas no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia – Minas Gerais.

Característica	n <sup>(1)</sup>	Comprimento da semente	Largura da semente	Espessura da semente	Volume da semente	Massa da semente	Número de embriões	Horas para germinar	Dias para emergir	Número de plântulas
Comprimento da semente	200	1	0.1252*	0.3952**	0.6791**	0.6940**	0.2064*	-0.1614	0.0823	-0.0095
Largura da semente	200		1	0.2126**	0.7324**	0.5647**	0.0673	0.2254*	0.0061	-0.0071
Espessura da semente	200			1	0.6583**	0.6258**	0.1145	-0.0685	-0.0670	-0.0861
Volume da semente	200				1	0.8820**	0.1936*	0.0729	0.0132	-0.0367
Massa da semente	200					1	0.0669	-0.0497	0.0227	-0.0197
Número de embriões por semente	98						1	0.0886	-	-
Horas para germinar	98							1	-	-
Dias para emergir	84								1	-0.3515**
Número de plântulas por semente	84									1

Valores seguidos de (\*) têm  $p < 0,05$  ou (\*\*) têm  $p < 0,01$  para o teste  $t$  de “Student”.

<sup>(1)</sup> O número de pares de cada correlação é o menor n das duas características usadas em cada correlação.

## Biometria de Embriões e Plântulas

A massa média das classes de ordenação dos embriões nas sementes de *Bombacopsis glabra* foram significativamente diferentes entre si ( $H = 114,45$ ;  $p = 0,0001$ ). As sementes apresentaram sempre um embrião maior ( $2,28 \pm 0,64$  g) e significativamente distinto dos demais, e um segundo embrião mais desenvolvido ( $0,21 \pm 0,32$  g). Os demais, a partir do terceiro pelo ordenamento, apresentaram massa média bem menor (0,03 g), sendo que não mostraram diferenças estatísticas entre si (Figura 4).

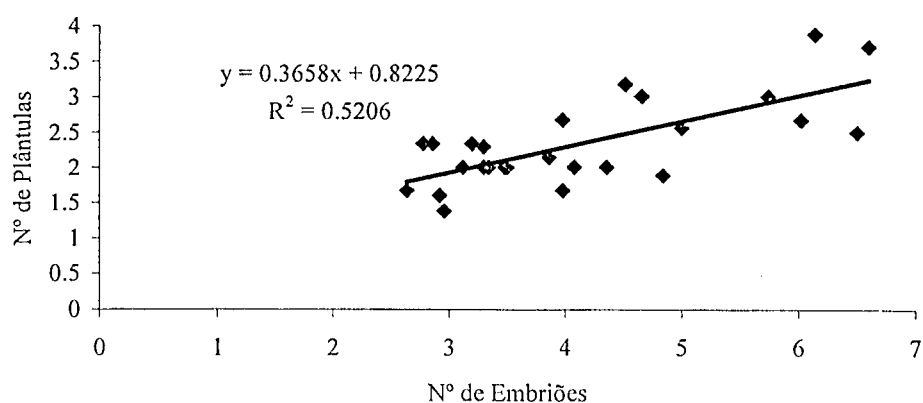
A análise de biometria dos padrões de formação de plântulas em *Eriotheca pubescens* mostrou a existência de diferenças entre várias das características avaliadas (Tabela 05). Entre estas se encontram o número de folhas, a altura da gema apical, o diâmetro do caule e do xilopódio, e a massa seca da parte aérea e do xilopódio. O padrão MM foi o que apresentou as melhores características biométricas, com um decréscimo dos valores com a presença de poliembrionia ou o aumento do número de plântulas por semente. O comprimento do xilopódio não mostrou diminuição, embora possa ter sido influenciado pelo comprimento do saco plástico onde a semente foi plantada, visto que muitas plantas restringiam o crescimento após atingirem o fundo do recipiente. Nem a razão entre a massa subterrânea e a aérea, nem a razão entre a massa aérea e a total mostraram influência do padrão de plântulas testados, mostrando-se uma característica constante para cada espécie e variando entre 2,36 a 2,82 e 0,27 a 0,32; respectivamente para os dois padrões.

De maneira similar, em *Bombacopsis glabra* (Tabela 6) houve decréscimo na massa seca da parte aérea e da subterrânea e nas medidas das plântulas com o aumento do número de plântulas por semente, sendo que todas essas medidas foram significativamente diferentes entre si. As maiores diferenças foram evidenciadas na matéria seca da parte aérea e da subterrânea, com valores respectivamente de 7,99 e 3,11 (padrão MP) 3,23 e 1,47 (padrão BP) e 1,65 e 0,63 (padrão TP). Somente as razões não diferiram em função do padrão de formação de plântulas. A razão massa subterrânea/aérea variou de 0,38 a 0,46 e a razão massa aérea/massa total variou de 0,69 a 0,73.

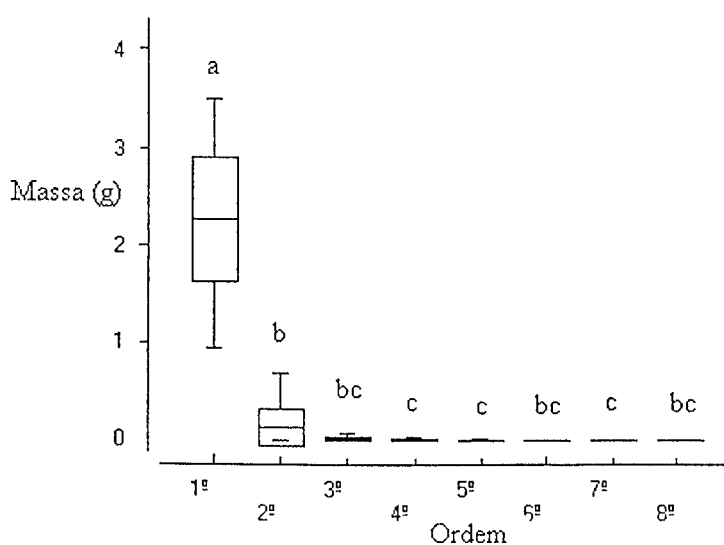
### Padrão de Crescimento das Plântulas

O padrão de crescimento de plântulas em *Eriotheca* foi semelhante para as duas espécies e para os dois padrões de embrionia (Figura 5) apresentando ajustes significativos à regressão linear: *Eriotheca gracilipes* ( $F = 101,56$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 46$ ;  $R^2 = 0,6977$ ); *Eriotheca pubescens*, padrão monoembriônico ( $F = 92,60$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 71$ ;  $R^2 = 0,573$ ) e *Eriotheca pubescens*, padrão poliembriônico ( $F = 128,79$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 118$ ;  $R^2 = 0,5261$ ).





**Figura 3.** Regressão linear entre o número de embriões por indivíduo e o número de plântulas por sementes poliembriônicas de 26 indivíduos de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae) coletados entre Uberlândia e Brasília.



**Figura 4.** Massa média dos embriões de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae). Foram utilizadas 34 sementes, sendo incluídos em cada ordem 34, 34, 31, 23, 15, nove, cinco e dois embriões, respectivamente. Medidas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, com  $p < 0,05$ .

**Tabela 5.** Biometria e alocação de matéria seca em diferentes padrões de plantas jovens gêmeas de *Eriotheca pubescens* (Bombacoideae, Malvaceae), oriundas de indivíduos com sementes monoembriônicas ou poliembriônicas, cultivadas sob sombrite 50%, em Uberlândia, Minas Gerais, por nove meses.

Medidas (unidade)	Padrões <sup>1</sup>				<sup>2</sup> F ou H
	MM <sup>2</sup>	MP <sup>2</sup>	BP <sup>2</sup>	TP <sup>2</sup>	
Número de folhas	6,23 ± 1,59 a	3,00 ± 1,58 b	3,38 ± 0,81 b	2,83 ± 1,37 b	<b>17,483*</b>
Altura da Planta (mm)	81,70 ± 29,29 a	69,44 ± 17,38 a	62,21 ± 20,26 a	52,42 ± 15,58 a	2,826
Altura da Gema (mm)	41,27 ± 20,10 a	25,12 ± 4,90 a	27,51 ± 8,49 a	21,65 ± 5,46 b	<b>8,638*†</b>
Diâmetro do Caule (mm)	3,43 ± 0,91 a	2,52 ± 0,52 ab	2,39 ± 0,67 b	2,08 ± 0,27 b	<b>7,501*</b>
Comprimento do Xilopódio (mm)	104,07 ± 14,34 a	101,78 ± 36,23 a	102,46 ± 29,72 a	110,42 ± 9,16 a	1,088†
Diâmetro do Xilopódio (mm)	8,88 ± 1,44 a	8,54 ± 1,79 ab	7,68 ± 1,92 ab	6,53 ± 1,47 b	<b>3,031*</b>
Comprimento do Caule (mm)	26,72 ± 9,92 a	23,08 ± 6,27 a	25,03 ± 3,74 a	18,20 ± 5,56 a	7,756†
Massa Seca da Parte Aérea (g)	0,4704 ± 0,2744 a	0,2798 ± 0,1453 ab	0,1974 ± 0,1036 b	0,1314 ± 0,1028 b	<b>13,959*†</b>
Massa Seca do Xilopódio (g)	1,0868 ± 0,5372 a	0,8288 ± 0,4410 ab	0,4830 ± 0,2531 b	0,3503 ± 0,2953 b	<b>7,534*</b>
Razão Massa Subterrânea/Aérea	2,54 ± 0,86 a	2,82 ± 0,66 a	2,36 ± 0,72 a	2,66 ± 0,66 a	0,5853
Razão Massa Aérea/ Massa Total	0,29 ± 0,05 a	0,27 ± 0,05 a	0,32 ± 0,14 a	0,28 ± 0,05a	1,629†

<sup>1</sup>MM (plantas monoembriônicas originadas de indivíduos com sementes exclusivamente monoembriônicas), MP (plantas monoembriônicas originadas de indivíduos com sementes poliembriônicas), BP (duas plantas por semente originadas de indivíduos com sementes poliembriônicas), TP (três plantas por semente originadas de indivíduos com sementes poliembriônicas).

<sup>2</sup>Média ± desvio padrão, médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem significativamente pelo teste F de Snedecor e Tukey ou pelo H de Kruskal-Wallis e Dunn (†); \* p < 0,05.

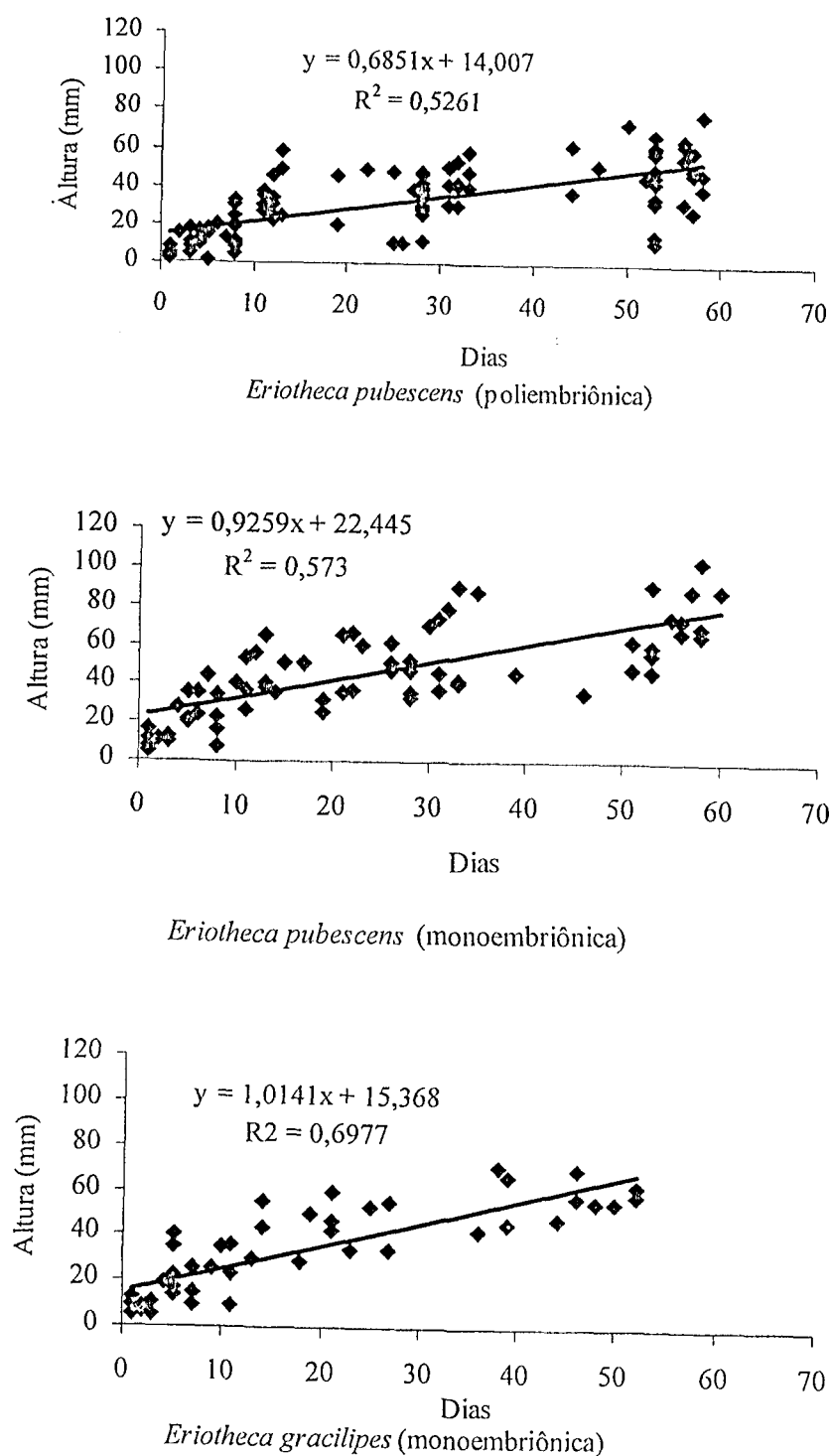
**Tabela 6.** Biometria e alocação de matéria seca em diferentes padrões de formação de plantas jovens de *Bombacopsis glabra* (Bombacoideae, Malvaceae) a partir de sementes poliembriônicas cultivadas sob sombrite 50%, em Uberlândia – Minas Gerais, por 16 meses.

Medidas (unidades)	Padrões <sup>1</sup>			F ou H <sup>2</sup>
	MP <sup>2</sup>	BP <sup>2</sup>	TP <sup>2</sup>	
Número de folhas	5,30 ± 1,03 a	3,75 ± 1,33 b	2,25 ± 1,42 c	26,02**
Altura da Planta (mm)	643,00 ± 102,60 a	448,50 ± 108,35 b	298,92 ± 161,49 c	32,46**
Altura da Gema (mm)	544,25 ± 106,37 a	368,75 ± 95,70 b	247,08 ± 141,81 b	27,03*†
Diâmetro do colo (mm)	19,23 ± 3,55 a	13,43 ± 3,35 b	9,46 ± 5,11 c	25,54**
Diâmetro do Xilopódio (mm)	19,76 ± 3,42 a	13,52 ± 3,27 b	9,11 ± 5,58 b	27,80**†
Massa Seca da Parte Aérea (g)	7,99 ± 2,94 a	3,23 ± 2,04 b	1,65 ± 1,86 c	36,96**
Massa Seca do Xilopódio (g)	3,11 ± 1,47 a	1,47 ± 0,97 b	0,63 ± 0,64 c	23,2**
Razão Massa Subterrânea/Aérea	0,38 ± 0,11 a	0,46 ± 0,14 a	0,42 ± 0,13 a	1,62
Razão Massa Aérea / Massa Total	0,73 ± 0,05 a	0,69 ± 0,06 a	0,71 ± 0,07 a	1,58

<sup>1</sup> MP (uma planta originada de uma única semente poliembriônica), BP (duas plantas originadas de uma única semente poliembriônica) e TP (três plantas originadas de uma única semente poliembriônicas); n= 20 para MP e BP; e 12 para TP.

<sup>2</sup> Média ± desvio padrão, médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem significativamente pelo teste F de Snedecor e Tukey ou H de Kruskal-Wallis e Dunn (†); \* p < 0,05 e \*\* p < 0,01.

Os dados de algumas medidas foram transformados somente para análise, sendo que para o número de folhas usou-se raiz (x), e para a massa aérea, a massa subterrânea e a razão massa subterrânea/aérea usou-se raiz (x + 1).



**Figura 5.** Crescimento de plântulas monoembriônicas de *Eriotheca gracilipes* e *Eriotheca pubescens*, e plântulas poliembriônicas de *Eriotheca pubescens*, ambas Bombacoideae (Malvaceae), cultivadas em estufa sob sombrite, com redução de 50%, em Uberlândia – Minas Gerais.

## Discussão

### Germinação e Emergência das Espécies

Os resultados do presente estudo indicam que sementes poliembriônicas têm características de germinação comparáveis com as espécies e grupos monoembriônicos. Mesmo resultados de germinabilidade significativamente mais baixos em sementes poliembriônicas de *Eriotheca pubescens* são relativamente altos quando comparados com a germinabilidade de sementes de outras espécies de cerrado (Salomão et al. 2003). Outros estudos com sementes de espécies poliembriônicas, até mesmo com *Bombacopsis glabra* (Scalon et al. 2003), têm mostrado que a poliembria não parece ser limitante para a germinabilidade e emergência. Valores altos de germinabilidade foram encontrados em espécies poliembriônicas de *Garcinia* e onde a germinabilidade era mais baixa, estava associada a problemas como dormência da semente (Ha et al 1988). Comparações diretas entre formas apomíticas e poliembriônicas com formas potencialmente sexuadas e monoembriônicas são mais raras. A germinação diferencial entre as formas apomíticas e possivelmente sexuais encontrada em *Eriotheca pubescens* não foi encontrada para *Antennaria parlinii* Fern. (Asteraceae), embora tenha sido mostrada diferença entre populações e diminuição não significativa da germinação nas formas sexuais (O'Connell & Eckert 2001).

Os valores de germinabilidade e tempo médio de germinação das duas espécies de *Pseudobombax* do presente estudo estão acima dos de *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns com 57% e 7,1 dias; e todas as espécies deste estudo apresentaram valores superiores a *Chorisia speciosa* St. Hil. com 74% e 5,1 dias (Souza & Válio 2001).

Embora *Eriotheca gracilipes* tenha apresentado tempo médio de germinação muito mais alto, nenhuma das espécies apresentou dormência na germinação. Espécies dormentes da subfamília Bombacoideae têm apresentado baixa germinação num período próximo de 25 dias. Dormência pós-colheita em Bombacoideae foi identificada em *Ochroma lagopus* Sw. (Barbosa et al. 2004), que apresentou 24,5% de germinação no controle contra 88,5% no tratamento com ácido sulfúrico, e

frutos de diferentes fases de maturação mostraram diferenças na germinabilidade. Sementes não tratadas de *Adansonia digitata* L. apresentaram germinabilidade entre 10 e 15%, num período de 25 dias (Danthu et al. 1995). Dormência associada à impermeabilidade do tegumento tem sido encontrada em várias espécies de Bombacoideae, como *Adansonia digitata* (Danthu et al 1995); *Ochroma lagopus* (Barbosa et al. 2004; Vazquez-Yanes 1974) e *Ochroma pyramidale* (Pinto et al. 2004). O aumento do tempo médio de germinação em *Eriotheca gracilipes* deve ter sido causado pela coleta dos frutos que não se encontravam totalmente maduros, o que pode ter influenciado nesse aumento.

Embora tenha havido diferenças na germinabilidade entre sementes dos padrões monoembriônico e poliembriônico em *Eriotheca pubescens*, não foram constatadas diferenças significativas na emergência das plântulas. A emergência e o tempo médio de emergência nesta espécie foram maiores que os encontrados em outras espécies monoembriônicas e aparentemente sexuadas como *Pseudobombax grandiflorum* com 51% e 8,2 dias (Zamith & Scarano 2004) e *Pseudobombax longiflorum* com 66% e de 13 a 21 dias (Sousa-Silva et al. 2001).

A forma de coleta das sementes em *Bombacopsis glabra* afetou a germinabilidade e a emergência das plântulas. As sementes coletadas diretamente do solo apresentaram qualidade fitossanitária menor, visualizada pela presença comum de hifas de fungos que as coletadas diretamente de frutos na copa, o que deve ter resultado na diminuição da germinabilidade e na grande diminuição da emergência. Mas as sementes do solo apresentaram menor tempo médio de germinação e maior velocidade média de emergência, indicando maior vigor. Alta germinabilidade (95%) a partir de sementes coletadas no solo foi obtida para *Bombacopsis glabra* após desinfecção com hipoclorito de sódio (Scalon et al 2003).

Os padrões morfofuncionais encontrados nas espécies mostraram grande variação, embora para espécies do mesmo gênero o padrão tenha sido o mesmo. Apesar do fato dos cotilédones em *Pseudobombax* serem elevados acima do nível do solo pelo alongamento dos pecíolos dos cotilédones e não pelo alongamento do hipocótilo, suas características se enquadram melhor no

padrão de plântulas fânero-epígeo-foliáceas, como já havia sido descrito para *Pseudobombax tomentosum* (Ressel et al. 2004).

### Frequência de Embriões e Plântulas

Uma tendência comum entre as plantas poliembriônicas foi um contraste entre o número médio de embriões por semente e o número de plântulas capaz de emergir a partir destas sementes. Em *Bombacopsis glabra*, embora tenham sido registrados de um a 14 embriões por semente, a amplitude do número de plântulas foi de uma a cinco por semente. Em *Eriotheca pubescens* também ocorreu a formação de menor número de plântulas do que o número de embriões por semente. Outras espécies poliembriônicas também apresentam número médio de plântulas por semente inferior ao número médio de embriões por semente, tais como *Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker-Gawl., Liliaceae (Fukai et al. 2000), *Uapaka kirkiana* muell. Arg., Euphorbiaceae (Maliro & Kwapata 2000). Os dados da massa média dos embriões em *Bombacopsis glabra* reforçam a idéia de uma pressão de seleção para a ocorrência de um número menor de plântulas, visto que sempre ocorre a formação de um embrião bem mais desenvolvido, que pode ou não ser seguido por um segundo ainda bem desenvolvido; mas os demais apresentam massa bem reduzida em relação aos dois maiores. Isso deve ter um efeito direto na capacidade de germinação e emergência dos embriões. Estudos com a sobrevivência de embriões de *Eriotheca pubescens* (Mendes-Rodrigues et al., dados não publicados) mostraram que com o aumento da massa média dos embriões, aumenta a probabilidade do embrião sobreviver. E além disso, quanto maior a massa dos embriões, maior é a área foliar das respectivas plântulas, o que pode ser um indicativo de vigor e capacidade de sobrevivência.

Embora tanto *Bombacopsis glabra* como *Eriotheca pubescens* tenham apresentado alta frequência de poliembrionia e de formação de múltiplas plântulas, estudos com outras plantas apomíticas têm constatado baixa frequência desses processos. Em *Garcinia parvifolia* (Miq.) Miq. e *Garcinia scortechinnii* King, Dipterocarpaceae (Ha et al. 1988) foi observada frequência de apenas

1,4% das sementes produzindo múltiplas plântulas por semente. Kaur et al. (1978), estudando 10 espécies poliembriônicas de Dipterocarpaceae, encontraram variação na formação de múltiplas plântulas por semente de 2% (ex.: *Shorea acuminata* Dyer) a 98% (*Shorea resinosa* Foxw.), sendo que foram encontradas duas plântulas por semente com maior frequência entre as espécies, mas até 18 plântulas por semente em *Shorea resinosa*.

Em *Uapaka kirkiana* muell. Arg., (Euphorbiaceae), Maliro & Kwapata (2000) encontraram uma variação de zero a nove embriões por semente; e as frequências mais encontradas em plântulas *in vitro* foram de duas e três. Em meios de cultivo com maior concentração de sais, três plântulas foram registradas e duas plântulas em um meio com menor concentração. Esses resultados mostram que em situações de maior competição por recursos, o número de plântulas tende a ser menor. Para esse mesmo estudo, o número de plântulas que emergiu não passou de duas plântulas por semente. Isso significa que a cultura *in vitro* aumentou a ocorrência de sementes com plântulas múltiplas, mostrando que o aumento de recursos facilita a emergência de embriões menos desenvolvidos.

O mesmo ocorre em *Ophiopogon japonicus* (L.f.)Ker-Gawl., Liliaceae (Fukai et al. 2000), onde foram constatados de um a oito embriões por semente. Com a média em 4,4 embriões *in vitro*, ocorre a formação de 2,8 plântulas em média, contra 1,4 plântulas em sementes cultivadas no solo. Mostraram também que o tamanho do embrião foi um fator limitante na taxa de conversão de embriões em plântulas, sendo que das classes de tamanho de embriões menores para as de maiores, a taxa de conversão aumentou de 55,6% para 97%.

Em *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae), os testes de germinação mostraram que somente embriões sexuais e somáticos bem desenvolvidos poderiam germinar. Mesmo *in vitro*, embriões globulares, cordiformes e em torpedo, falharam em germinar. Foram encontrados até 15 embriões por semente, embora tenham sido obtidos somente de uma a três plântulas por semente (Vélez-Gutiérrez & Rodríguez-Garay (1996).



## Correlações entre Germinação, Emergência e Poliembrionia

As características morfológicas das sementes de *Bombacopsis glabra* não mostraram nenhuma correlação muito forte e significativa com a ocorrência de poliembrionia e com as medidas de germinação. No entanto, o número de plântulas apresentou correlação negativa com o número de dias gastos para a emergência, mostrando que o aumento no número de plântulas por semente pode afetar o vigor e capacidade destas plântulas emergirem, provavelmente por interferir na competição seminal dos embriões durante a emergência.

Em *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae), o tempo necessário para alcançar a máxima germinação não afetou a porcentagem de plântulas apomíticas ( $r = 0,002$ ) nem a germinabilidade e o número de plântulas apomíticas foram correlacionados ( $r = -0,27$ ) (Mondragon-Jacobo 2001).

## Biometria de Embriões e Plântulas

Como em *Bombacopsis glabra* também ocorre uma distribuição diferencial de massa entre os embriões de uma mesma semente em *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb var. Nonpareil (Rosaceae), com até 80% da massa dispensada a um único embrião, de maneira que plântulas gêmeas anãs, resultantes de embriões menores, mostraram crescimento mais fraco e mortalidade da ordem de 90% (Martínez-Gómez & Gradziel 2003).

A presença de poliembrionia e a formação de mais de uma plântula gera competição entre as plântulas de uma mesma semente, evidenciada pela diminuição na massa média das plântulas e pelo decréscimo nas médias das características biométricas nas sementes com número de plântulas maior que um (padrões BP e TP). Mesmo nas sementes formando uma única plântula, mas originadas de indivíduos com poliembrionia (padrão MP) houve um decréscimo das características biométricas. Embora nem todas as características tenham mostrado diferenças estatisticamente significativas, todas mostraram uma tendência na diminuição das médias dos parâmetros biométricos associadas à poliembrionia. As plântulas do padrão MM, em *Eriotheca pubescens* e MP, em *Bombacopsis glabra*, foram as que apresentaram o maior acúmulo médio de massa entre todos os padrões

ocorrentes. Estes resultados indicam que a formação de um único embrião e de uma única plântula por semente favorece o desenvolvimento pós-seminal e provavelmente a sobrevivência das plântulas em seus ambientes de ocorrência.

A alocação de matéria seca em *Eriotheca pubescens*, nos quatro padrões, mostrou maior investimento na parte subterrânea que, associada à presença do xilopódio e à caducifolia das plântulas, parecem representar adaptações ao ambiente do cerrado. Os solos de cerrado sofrem forte estresse hídrico, além do clima com estações bem sazonais, com um período de estiagem e um período concentrado de chuvas (Franco 2002). Esse investimento em raízes permitiria às plântulas alcançarem solos mais profundos, com disponibilidade hídrica maior; além do que o xilopódio serviria como uma reserva hídrica durante a estação seca. Esse maior investimento na parte subterrânea, também pode representar uma adaptação à ocorrência freqüente de fogo no cerrado, permitindo rebrota após a ocorrência da queima da parte aérea (Hoffmann & Franco 2003).

Em *Bombacopsis glabra* o investimento foi maior na parte aérea, para os três padrões de formação de plântulas, provavelmente porque em ambientes florestais, onde a espécie originalmente ocorre (Lorenzi 1992), existe maior competição por luz devido ao sombreamento das árvores adultas.

Embora a poliembrionia tenha interferido no investimento em matéria seca ou nas medidas entre os diferentes padrões de formação de plântulas, as razões das medidas de alocação de recursos não sofreram interferência da presença de poliembrionia ou do aumento do número de plântulas, evidenciam que as razões entre a massa aérea e a massa total e a razão entre a massa subterrânea e a massa aérea são basicamente fixas e características para as duas espécies. Moreira & Klink (2000) encontraram em plântulas de *Eriotheca pubescens* com 150 dias, valores de  $\pm 1,25$  para a razão parte subterrânea/parte aérea e para *Pseudobombax tomentosum* uma razão de  $\pm 3,5$ ; ambas mostrando o espessamento da raiz principal e maior investimento na parte subterrânea, sendo estas características associadas ao ambiente de cerrado onde ocorrem e consistentes com os resultados encontrados no presente estudo.

Apesar das diferenças biométricas, em nenhuma das espécies poliembrionicas foi possível diferenciar, com base exclusivamente nestas diferenças, as plântulas de origem sexuada ou assexuada. Em outros estudos com espécies poliembrionicas, como em *Opuntia* (Cactaceae), a plântula sexuada emerge primeiro, puxando a testa da semente, e tardiamente as outras plântulas assexuadas originam-se da base da primeira, usualmente com uma única raiz (Mondragon-Jacobo & Bordelon 1996). Nos estudos embriológicos com *Eriotheca* e outras plantas poliembrionicas de Bombacoideae, os embriões nucelares se desenvolvem mais rapidamente e provavelmente são os mais desenvolvidos nas sementes maduras (Baker 1960, Duncan 1970, Mendes-Rodrigues et al., dados não publicados, Koltunow et al. 1995). Com isto estes es embriões maiores apresentam maior probabilidade de originar plântulas maiores e capazes de emergirem e sobreviverem. Neste sentido, caso ocorram embriões sexuados nestas espécies, poderia se esperar que as plântulas originadas destes embriões fossem menos desenvolvidas. De qualquer modo, não é possível identificar embriões sexuados entre os embriões menores, pois estes não apresentam diferenças morfológicas em relação aos embriões assexuados.

Em *Antennaria parlinii*, plantas sexuais mostraram maior produção de biomassa que as apomíticas nas fases iniciais do desenvolvimento (Michaels & Bazzaz 1986), o que parecia resultar numa sobrevivência maior das plântulas sexuais em relação às plântulas assexuais. As alterações morfológicas na formação de plântulas ou crescimento diferencial vêm sendo encontradas para outras espécies com poliembrionia, como em várias espécies do gênero *Pinus* (Clare & Johnstone 1931; Johnstone 1940); *Picea abies* (L.) Karsten. (Hrabí 2001-2002) e do gênero *Hieracium* (Koltunow et al. 1998; Koltunow et al. 2000).

Em *Citrus*, foi constatado que a maioria das plântulas zigóticas apresentam menor altura que aquelas de origem nucelar, embora não tenha sido discutido especificamente o efeito da poliembrionia sobre o desenvolvimento das plântulas (Xiang & Roose 1988). Vários estudos também demonstram que os embriões zigóticos, quando se desenvolvem em sementes com outros embriões nucelares, apresentam desenvolvimento mais lento que os embriões nucelares, e.g.

*Bombacopsis glabra* (Baker 1960, Duncan 1970), *Eriotheca pubescens* (Mendes-Rodrigues et al. 2004) e *Citrus sinensis* cv. Valência (Koltunow et al. 1995).

Embora os indivíduos monoembriônicos de *Eriotheca pubescens* tenham sido minoria e tenham apresentado uma área de distribuição bem mais restrita que os indivíduos poliembriônicos, como visto no Capítulo I, os dados biométricos das plântulas monoembriônicas sugerem uma vantagem inicial no desenvolvimento. Esta vantagem inicial parece não resultar em um sucesso maior na reprodução e distribuição da monoembrionia, uma vez que os indivíduos poliembriônicos são preponderantes na espécie. Vários fatores poderiam estar influenciando nessa distribuição restrita da monoembrionia, como uma especialização maior desses indivíduos a alguma característica da área em que ocorrem, maior suscetibilidade a variações ambientais, ou maior probabilidade de mortalidade em fases posteriores. É possível ainda que a ocorrência de mais de uma plântula por semente permita, no caso de ocorrência de predação ou queima, maior chance de sobrevivência de uma das plântulas gêmeas, favorecendo a persistência e o estabelecimento de novas populações poliembriônicas.

### **Padrão de Crescimento das Plântulas**

Tanto as plântulas originadas de sementes monoembriônicas e poliembriônicas de *Eriotheca pubescens* quanto às originadas de sementes de *Eriotheca gracilipes* mostraram o mesmo padrão linear de crescimento. No entanto, plântulas monoembriônicas mostraram taxa de crescimento maior, evidenciada pela maior inclinação das retas. Embora a presença de poliembrionia não altere o padrão de crescimento das plântulas, ela parece retardar o crescimento, provavelmente devido à competição entre plantas gêmeas. Dados sobre área foliar de plântulas crescendo em meio de cultura mostraram uma correlação significativa com o peso inicial dos embriões (Mendes-Rodrigues et al. 2005), sugerindo que a divisão de recursos entre embriões de sementes poliembriônicas pode afetar o ritmo de crescimento da plântulas resultantes, mesmo que não altere significativamente a sobrevivência ou o padrão geral do desenvolvimento destas plântulas

## Conclusão

Embora o padrão de germinação e emergência das formas provavelmente sexuais e assexuais de *Eriotheca pubescens* tenha sido muito similar entre si, e comparável a outras espécies monoembriônicas, o padrão poliembriônico mostrou diminuição da germinabilidade das sementes. O mesmo não ocorreu em *Bombacopsis glabra*, onde a poliembrionia está associada a alta germinabilidade. Uma tendência comum nas duas espécies poliembriônicas foi a emergência de um número menor de plântulas do que o número de embriões existente nas sementes. A emergência e crescimento inicial parecem estar associados ao tamanho dos embriões e a presença de embriões significativamente maiores nas sementes das duas espécies poliembriônicas sugere uma limitação nas possibilidades de poliembrionia. Plântulas de indivíduos monoembriônicos e possivelmente sexuais de *Eriotheca pubescens* mostraram-se mais vigorosas em termos de acúmulo de biomassa, que tendeu a diminuir com a presença de poliembrionia e aumento do número de plântulas por semente. O mesmo ocorreu em *Bombacopsis glabra*, onde a acumulação de biomassa e as medidas das plântulas diminuíram com o aumento do número de plântulas. Os dados indicam que, apesar da poliembrionia não afetar o padrão de germinação e emergência nas espécies estudadas, ela parece ter um efeito sobre o desenvolvimento pós-seminal e talvez sobre a capacidade de sobrevivência das plântulas.

## Considerações finais

A partir da análise e da discussão dos dados foi possível concluir que a ocorrência da poliembria nas duas espécies estudadas mostrou-se muito variável em função de indivíduos, frutos e mesmo entre diferentes anos de estudo. As características morfológicas dos frutos e sementes não explicam totalmente essa variação. Seriam necessários novos estudos que abordassem outras fontes de variação como a nutrição das plantas mãe ou dos solos em que ocorrem. Os fatores propostos para explicar tal variação, tais como a idade das plantas, os efeitos do ambiente em que as plantas ocorrem, as condições climáticas (tais como temperatura, luz, e fotoperíodo), a influência de substâncias químicas como os hormônios e a polinização (pela escolha do polinizador, condições do pólen aplicado e o tempo da polinização) são aplicados à apomixia gametofítica e são de difícil generalização (Asker & Jerling 1992). Estudos que explicam a variação nos níveis de reprodução sexuada e poliembria em espécies com embria adventícia são extremamente raros (Naumova 1992). Os sistemas de reprodução, especialmente tipos de cruzamentos, parecem ter um efeito sobre a intensidade da poliembria (Mendes-Rodrigues et al., dados não publicados) e precisam ser estudados em maior detalhe. É possível que as diferenças no número de embriões observados para as espécies estudadas reflitam uma heterogeneidade no pólen recebido e no vigor do endosperma e dos embriões zigóticos formados durante o processo de pseudogamia.

Embora a poliembria tenha variado em função dos indivíduos, foi possível constatar a ocorrência de indivíduos exclusivamente monoembriônicos em *Eriotheca pubescens*. Estes indivíduos têm uma distribuição restrita e apesar de não serem claramente diferenciados em termos morfológicos, podem representar uma subpopulação da espécie com características reprodutivas diferentes. A monoembria em grupos com embria adventícia tem sido associada a eventos de reprodução sexuada e são raros os casos onde um único embrião formado na semente é de origem adventícia. Semelhanças morfológicas dos indivíduos monoembriônicos de *Eriotheca pubescens* com sementes e embriões de *Eriotheca gracilipes*, uma espécie sexuada, reforça a idéia de que a

monoembrionia estrita em espécies poliembriônicas possa ocorrer em indivíduos com características reprodutivas distintas e possivelmente sexuais. Tal possibilidade poderia ser facilmente testada utilizando-se marcadores moleculares e/ou isoenzimáticos já existentes para o grupo (Gribel & Abbott 1995; Gribel et al. 1999; Martins & Oliveira 2003), mas infelizmente tais análises foram impossíveis de serem realizadas durante o período do estudo.

A separação morfológica entre os dois padrões de embrionia em *Eriotheca pubescens* a partir da biometria dos frutos sugere que o padrão monoembriônico possa se constituir num subgrupo dentro de *Eriotheca pubescens*. Espécies crípticas ou agamospécies são comuns em grupos apomíticos (Asker & Jerling 1992). Estas espécies, isoladas pela própria autonomia do processo reprodutivo, são linhagens que muitas vezes têm características próprias e diferentes das espécies sexuais das quais se originaram. Níveis de fertilidade e possibilidade de reprodução sexual também variam em espécies poliplóides, comumente associadas a mudanças no número cromossômico (Ramsey & Schemske 1998). Entretanto, os dados de biometria não foram suficientes para mostrar uma separação dos dois padrões e os indivíduos estudados se enquadram todos numa das subespécies descritas por Robyns (1963). Dessa maneira, seriam necessários estudos adicionais como a análise do cariótipo e a inclusão de novas características biométricas como a morfologia de folhas, flores e sementes para permitir esclarecimento destas distinções morfológicas entre os dois padrões de embrionia.

Os dados de germinação e emergência de sementes, que poderiam ajudar a explicar a distribuição dos padrões embrionia, mostraram menor germinabilidade das sementes do padrão poliembriônico em *Eriotheca pubescens*. Essa diferença que deve representar um problema em termos de reprodução, pois a germinabilidade é comparável à encontrada em outras espécies de cerrado. Estudo comparativo com *Bombacopsis glabra* mostrou também alta germinabilidade associada à poliembrionia. A monoembrionia em *Eriotheca pubescens* está associada à formação de plantas mais vigorosas e com maior acúmulo de biomassa, enquanto menor vigor e menor acúmulo de biomassa estão associados à poliembrionia. Embora os dados indiquem uma vantagem das

plântulas monoembriônicas e possivelmente sexuais e das plântulas únicas em relação às gêmeas, a maior distribuição do padrão poliembriônico em *Eriotheca pubescens* pode ser devida à maior capacidade de colonização das plântulas poliembriônicas, maiores taxas de sobrevivência e à sua capacidade de instalar-se em maior variedade de ambientes, em relação ao padrão monoembriônico. É interessante notar que Martins & Oliveira (2003), encontraram mesmo com número limitado de indivíduos analisados com número também limitado de marcadores moleculares para RAPD detectaram variação genética na população de *Eriotheca pubescens*, sugerindo que eventos de reprodução sexuada não são de todo raros.

De qualquer modo, o presente estudo mostrou que a poliembrionia e a reprodução assexuada são comuns e importantes nas Bombacoideae estudadas, não representando impedimento ou dificuldade para a propagação destas espécies, que têm ampla distribuição. A persistência e distribuição no ambiente permitida pela ocorrência de poliembrionia e apomixia, especialmente quando combinadas com a possibilidade de reprodução sexuada eventual, podem representar estratégias ecológicas e evolutivas importantes para grupos de plantas tropicais (Allem 2003).



## Referências Bibliográficas:

- ALLEM, A.C. 2004. Optimization Theory in Plant Evolution: an Overview of Long-Term Evolutionary Prospects in the Angiosperms. *The Botanical Review* 69(3): 225-251.
- ALBERTINI, E.; PORCEDDU, A.; FERRANTI, F.; REALE, L.; BARCOCCIA, G.; ROMANO, B. & FALCINELLI, M. 2001. Apospory and parthenogenesis may be uncoupled in *Poa pratensis*: a cytological investigation. *Sexual Plant Reproduction* 14(4): 213-217.
- APG. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141(4): 399-436.
- ASKER, S.E. & JERLING, L. 1992. *Apomixis in Plants*. Boca Raton, CRC Press. 298 p.
- BAKER, H.G. 1960. Apomixis and polyembryony in *Pachira oleaginea* (Bombacaceae). *American Journal of Botany* 47(4): 296-302.
- BARBOSA, A.P.; SAMPAIO, P.D.T.B.; CAMPOS, M.A.A.; VARELA, V.P.; GONÇALVES, C.D.Q.B.; IIDA, S. 2004. Alternative technology for breaking dormancy of balsa wood (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae) seeds. *Acta Amazônica* 34(1): 107-110.
- BAUM, D.A.; SMITH, S.D.; YEN, A.; ALVERSON, W.S.; NYFFELER, R. & WHITLOCK, B.A.; OLDHAM, R.L. 2004. Phylogenetic Relationships of Malvaceae (Bombacoideae and Malvoideae; Malvaceae sensu lato) as Inferred from Plastid DNA Sequences. *American Journal of Botany* 91(11): 1863-1871.
- BAWA, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 399-422.
- BAYER, R. J. 1990. Patterns of clonal diversity in the *Antennaria rosea* (Asteraceae) polyploid agamic complex. *American Journal of Botany* 77(10): 1313-1319.
- BENGTTSSON, B.O. & CEPLITIS, A. 2000. The balance between sexual and asexual reproduction in plants living in variable environments. *Journal Evolutionary Biology* 13: 415-422.

- CARMAN, J.G. 1997. Asynchronous expression of duplicate genes in angiosperms may cause apomixis, bispory, tetraspory, and polyembryony. *Biological Journal of the Linnean Society* 61(1): 51-94.
- CARMO-OLIVEIRA, R. 1998. Estudos embriológicos e aspectos da morfologia floral em Vochysiaceae. Tese (Doutorado em Ciências) Instituto de Botânica Universidade de São Paulo. 151 p.
- CHAPMAN, H. & BROWN, J. 2001. 'Thawing' of 'frozen' variation in an adventive, facultatively apomitic, clonal weed. *Plant Species Biology* 16(2): 107-118.
- CLARE, T.S. & JOHNSTONE, G.R. 1931. Polyembryony and Germination of Polyembryonic Coniferous Seeds. *American Journal of Botany* 18(8): 674-683.
- CZAPIK, R. 1996. Problems of Apomitic Reproduction in the Families Compositae and Rosaceae. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 31: 381-387.
- DANTHU, P.; J. ROUS, E.L.; GAYE, A. & MAZZOUDI, E.H.E. 1995. Baobab (*Adansonia digitata* L.) seed pretreatments for germination improvement. *Seed Science Technology* 23, 469-475.
- DOMIGUES, E.T.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; TULMANN NETO, A. & SUGAHARA, V.Y. 1998. Polyembryony in clones of 'Pêra' and other orange varieties. *Bragantia* 57(2): 251-258.
- DOMIGUES, E.T.; TULMANN NETO, A. & TEÓFILO SOBRINHO, J. 1999. Pollen viability in sweet orange varieties. *Scientia Agricola* 56(2): 262-272.
- DUNCAN, E.J. 1970. Ovule and embryo ontogenesis in *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A.Robyns. *Annals of Botany* 34: 671-676.
- ELLISON, A.M.; DENSLOW, J.S.; LOISELLE, B.A. & RRENÉS, D.M. 1993. Seed and Seedling Ecology of Neotropical Melastomataceae. *Ecology* 74 (6): 1733-1749.
- FRANCO, A.C. 2002. Ecophysiology of Woody Plants. In: OLIVEIRA, P.S. & MARQUIS, R.J. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press: New York. p. 178-197.

- FUKAI, S.; SHIMOMURA, T. & KONDO, T. 2000. Morphological Observation of Polyembryony in *Ophiopogon japonicus* (Liliaceae). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 69(5): 614-616.
- GOLDENBERG R. & SHEPHERD, G.J. 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. Plant Systematics and Evolution 211(1-2): 13-29.
- GOLDENBERG, R. & VARASSIN, I.G. 2001. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 24(3): 283-288.
- GRIBEL, R. & ABBOTT, R.J. 1995. Genetics of cytosolic phosphoglucose isomerase (PGI) variation in the Amazonian tree *Pseudobombax munguba* (Bombacaceae). Heredity 76: 531-438.
- GRIBEL, R.; GIBBS, P.E. & QUEIRÓZ, A.L. 1999. Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. Journal of Tropical Ecology 15: 247-263.
- HA, C.O.; SANDS, V.E.; SOEPADMO, E. & JONG, K. 1988. Reproductive Patterns of Selected Understorey Trees in the Malaysian Rain-Forest - the Apomictic Species. Botanical Journal of the Linnean Society 97(3): 317-331.
- HOFFMANN, W.A. & FRANCO, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. Journal of Ecology 91: 475-484.
- HRABÍ, L. 2001-2002. Quality and Germination of the Norway Spruce Seeds *Picea abies* (L.) Karsten. Acta Universitatis Palackinae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium - Biologica 39-40: 7-11.
- HUTCHESON, K. 1970. A Test for Comparing Diversities Based on the Shannon Formula. Journal of Theoretical Biology 29(1):151-154.

- JOHNSTONE, G.R. 1940. Further Studies on Polyembryony and Germination of Polyembryonic Pine Seeds. *American Journal of Botany* 27(9): 808-811.
- KAUR, A.; HA, C.O.; JONG, K.; SANDS, V.E.; CHAN, H.T.; SOEPADMO, E. & ASHTON, P. S. 1978. Apomixis May Be Widespread among Trees of Climax Rain-Forest. *Nature* 271(5644): 440-442.
- KNOX, R.B. 1967. Apomixis: Seasonal and Population Differences in a Grass. *Science* 157(3786): 325-326.
- KOLTUNOW, A.M. 1993. Apomixis: Embryo Sacs and Embryos Formed without Meiosis or Fertilization in Ovules. *The Plant Cell* 5(10): 1425-1437
- KOLTUNOW, A.M.; SOLTYS, K.; NITO, N. & MCCLURE, S. 1995. Anther, ovule, seed, and nucellar embryo development in *Citrus sinensis* cv. Valencia. *Canadian Journal of Botany* 73(10): 1567-1582.
- KOLTUNOW, A.M.; JOHNSON, S.D. & BICKNELL, R.A. 1998. Sexual and apomitic development in *Hieracium*. *Sexual Plant Reproduction* 11(4): 213-230.
- KOLTUNOW, A.M.; JOHNSON, S.D. & BICKNELL, R.A. 2000. Apomixis is not developmentally conserved in related genetically characterized *Hieracium* plants of varying ploidy. *Sexual Plant Reproduction* 12: 253-266.
- LABOURIAU, L.G. 1970. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. I. *Annais da Academia Brasileira de Ciências* 42(2): 235-262.
- LABOURIAU, L.G. 1983. A Germinação das Sementes. Washington, D.C.: Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 174 p. (Série de Biologia; Monografia 24).
- LABOURIAU, L.G. & VALADARES, M.E.B. 1976. On the germination on seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. F. *Annais da Academia Brasileira de Ciências* 42(2): 263-184.
- LAKSHMANAN, K.K. & AMBEGAOKAR, K.B. 1984. Polyembryony. In: Johri, B.M. (ed.) *Embryology of Angiosperms*. Springer-Verlag: Berlin, pp. 445-478.

- LORENZI, H. 1992. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 1 Nova Odessa: Ed. Plantarum, 352 p.
- MALIRO, M.F.A. & KWAPATA, M.B. 2000. Apomitic embryo development and survival in *Uapaca kirkiana* under in vitro and in vivo seed germination. *Scientia Horticultrae* 83(2): 139-147.
- MARTÍNEZ-GÓMEZ, P. & GRADZIEL, T.M. 2003. Sexual polyembryony in almond. *Sexual Plant Reproduction* 16(3): 35-139
- MARTINS, R.L. & OLIVEIRA, P.E. 2003. RAPD evidence for apomixis and clonal populations in *Eriotheca* (Bombacaceae). *Plant Biology* 5(3): 338-340.
- MENDES-RODRIGUES, C.; OLIVEIRA, P.E. & CARMO-OLIVEIRA, R. 2004 Embrionia adventícia e apomixia. In: CARNEIRO, V.T.de C.; DUSI, D.M.de A. (eds.) Clonagem de plantas por sementes: estratégias de estudo da apomixia. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Brasília. p.35-46
- MENDES-RODRIGUES, C.; CARMO-OLIVEIRA, R.; TALAVERA, S.; ARISTA, M.; ORTIZ, P.L.; OLIVEIRA, P.E. 2005. Polyembryony and apomixis in *Eriotheca pubescens* (Malvaceae - Bombacoideae). *Plant Biology* – submetido.
- MICHAELS, H.J. & BAZZAZ, F.A. (1986). Resource Allocation and Demography of Sexual and Apomitic *Antennaria parlini*. *Ecology* 67(1): 24-36.
- MIQUEL, S. 1987. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 9: 101-121.
- MILLER, L. E. 1994. Correlations: Description or Inference. *Journal of Agricultural Education* 35(1): 5-7.
- MOGIE, M. (1992). The Evolution of Asexual Reproduction in Plants. Chapman & Hall, London. 276 p.

- MONDRAGON-JACOBO, C. 2001. Verification of the Apomictic Origin of Cactus Pear (*Opuntia* spp Cactaceae) Seedlings of open Pollinated and Crosses from Central Mexico. Journal of the Association for Cactus Development 4: 49-56.
- MONDRAGON-JACOBO, C. & BORDELON, B.B. 1996. Cactus Pear (*Opuntia* spp. Cactaceae) Breeding for Fruit Production. Journal of the Association for Cactus Development 1: 19-35.
- MOREIRA, A.G. & KLINK, C.A. 2000. Biomass Allocation and Growth of Tree Seedlings from two contrasting Brazilian Savannas. Ecotropicos 13(1): 43-51.
- MURAWSKI, D.A. & HAMRICK, J.L. 1992. Mating System and Phenology of *Ceiba petandra* (Bombacaceae) in Central Panama. Journal of Heredity 83(6): 401-404.
- NASSAR, N.M.A.; VIEIRA, M.A.R.; VIEIRA, C. & GRATAPLAGLIA, D. 1998. Evidence of apomixis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Genetics and Molecular Biology 21(4): 527-530.
- NAUMOVA, T.N. 1992. Apomixis in Angiosperms: Nucellar and Integumentary Embryony. Boca Raton, CRC Press. 144 p.
- NETTO, D.A.M. 1994. Germinação de Sementes de Pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav.) Urb.) Bombacaceae. Revista Brasileira de Sementes 16(2): 159-162.
- O'CONNEL, L.M. & ECKERT, C.G. 1999. Differentiation in Sexuality Among Populations of *Antennaria parlinii* (Asteraceae). International Journal of Plant Sciences 160(3): 567-575.
- O'CONNEL, L.M. & ECKERT, C.G. 2001. Differentiation in reproductive strategy between sexual and asexual populations of *Antennaria parlinii* (Asteraceae). Evolutionary Ecology Research 3: 211-330.
- OLIVEIRA, A.C.D.; GARCIA, A.N. & MACHADO, M.A. 2000. Polyembryonic rate of seeds of 'Murcote' Tangor x Sweet orange 'Pêra' and Tangores identification through microsatellite markers. Revista Brasileira de Fruticultura 22(3): 306-309.
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. Flora 195(4): 311-329.

- OLIVEIRA, P.E.; GIBBS, P.E.; BARBOSA, A.A. & TALAVERA, S. 1992. Contrasting breeding systems in two *Eriotheca* (Bombacaceae) species of the Brazilian cerrados. *Plant Systematics and Evolution* 179(3/4): 207-219.
- PINTO, A.M.; INOUE, M.T. & NOGUEIRA, A.C. 2004. Conservation and vigour of balsawood seeds (*Ochroma pyramidale*). *Acta Amazônica* 34(2): 233-236.
- PRIMACK, R.B. 1980. Variation in the natural populations of montane shrubs in New Zealand. *Journal of Ecology* 68(3): 849-862.
- RAMOS, J. D. & PASQUAL, M. 1991. Determination of polyembryonic rate in Rangpur Lime. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 26: 1893-1896.
- RAMOS, J.D. & PASQUAL, M. 1991. Taxa de poliembrionia do porta-enxerto *Citrus limonia* Osbeck cv. Cravo em autopolinização, polinização natural e em hibridação controlada com *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.. *Ciência e Prática* 15(3):306-311.
- RAMOS, J.D. & PASQUAL, M. 1992. Modifications on polyembryony and identification of the hybrid in seeds from lemon 'cravo' pollinated with *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27(3): 423-427.
- RAMSEY, J. & SCHEMSKE, D.W. 1998. Pathways, mechanisms, and rates of Polyploid formation flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29: 467-501.
- RESSEL, K.; GUILHERME, F.A.G.; SCHIAVINI, I. & OLIVEIRA, P.E. 2004. Functional morphology and ecology of tree species seedlings of the Ecological Station of Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Botânica* 27(2): 311-323.
- RICHARDS, A.J. 1986. *Plant Breeding Systems*. London: George Allen & Unwin. 529 p.
- ROBYNS, A. 1963. Essai de monographie du genre *Bombax* s.L. (Bombacaceae). *Bulletin du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles* 33: 1-315.
- RODRIGUES, L.R.; DORNELLES, A.L.C. & SCHIFINO-WITTMANN, M.T. 1999. Polyembryony and number of seeds per fruit of four mandarin cultivars. *Ciência Rural* 29(3): 469-474.

- SALOMÃO, A.N. & ALLEM, A.C. 2001. Polyembryony in Angiospermous trees of the Brazilian Cerrado and Caatinga vegetation. *Acta Botanica Brasilica* 15(3): 369-378.
- SALOMÃO, A.N.; SOUSA-SILVA, J.C.; DAVIDE, A.C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R.A.A.; WETZEL, M.M.V.S.; FIRETTI, F. & CALDAS, L.S. 2003. Germinação de Sementes e Produção de Mudanças de Plantas do Cerrado. Brasília, Rede de Sementes do Cerrado. 96 p.
- SANTANA, D.G. & RANAL, M.A. 2000. Análise Estatística na Germinação. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12(Edição Especial): 205-237.
- SANTANA D.G. & RANAL M.A. 2004. Análise da Germinação - um enfoque estatístico. Editora Universidade Brasília, Brasília. 248 p.
- SAVIDAN, Y.H. 1985. Evolução em gramíneas tropicais com especial referência à apomixia. In: AGUIAR-PERECIN, M. L. R.; MARTINS P. S. & BRANDEL, G. (eds.) I Colóquio sobre Citogenética e Evolução de Plantas. Tópicos de Citogenética e Evolução de Plantas, Sociedade Brasileira de Genética, Piracicaba. pp. 37-50.
- SCALON, S.de D.P.Q.; MUSSURY, R.M; RIGONI, M.R. & SCALON FILHO, H. 2003. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. *Revista Árvore* 27(6): 753-758.
- SCHMIDT, J.M. & ANTLEFINGER, A.E. (1992). The level of agamospermy in a Nebraska population of *Spiranthes cernua* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 79(5): 501-507.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1989. Statistical methods. 8. ed. Ames: Iowa State University Press, 593 p.
- SOARES FILHO, W.dos.S.; DIAMANTINO, M.S.A.S.; MOITINHO, E.D.B.; CUNHA SOBRINHO, A.P.D. & PASSOS, O.S. 2002. 'Tropical': a new selection of "Sunki" mandarin. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24(1): 127-132.
- SOARES FILHO, W.dos S.; MOREIRA, C.DOS S.; CUNHA, M.A.P.da; CUNHA SOBRINHO, A.P.DA & PASSOS, O. S. 2000. Polyembryony and hybrids frequency in *Citrus* spp. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(4): 857-864.



- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1981. Biometry. Freeman. New York.
- SOUZA-SILVA, J.C.; RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.da; ANTUNES, N.B.(2001). Germinação de Sementes e Emergência de Plântulas de Espécies Arbóreas e Arbustivas que ocorrem em Matas de Galeria. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Brasília: Embrapa Cerrados. 1: 379-422.
- SOUZA, L.M.F.I.; KAGEYAMA, P.Y. & SEBBENN, A.M. 2003. Sistema de reprodução em população natural de *Chorisia speciosa* A.St.-Hill. (Bombacaceae). Revista Brasileira de Botânica 26(01): 113-121.
- SOUZA, R. P. de & VÁLIO, I.F.M. 2001.Seed Size, Seed Germination, and Seedling Survival of Brazilian Tropical Tree Species Differing in Successional Status. Biotropica 33(3): 447-457.
- SPECHT, E.E.; MEISTER, A.; KELLER, E.R.J.; KORZUN, L. & BÖRNER, A. 2001. Polyembryony in species of the genus *Allium*. Euphytica 121: 37–44.
- ST. DENIS, M. & CAPPUCCINO, N. 2004. Reproductive biology of *Vincetoxicum rossicum* (Kleo.) Barb. (Asclepiadaceae), an invasive alien in Ontario. Journal of the Torrey Botanical Society 131(1): 8-15.
- URBANI, M.H.; QUARIN, C.L.; ESPINOZA, F.; PENTEADO, M.I.O. & RODRIGUES, I.F. 2002. Cytogeography and reproduction of the *Paspalum simplex* polyploid complex. Plant Systematics and Evolution 236: 99-105.
- VÁLIO, Y.F.M. & SCARPA, F.M. 2001. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. Revista Brasileira de Botânica 24(1): 79-84.
- VAZQUEZ-YANES, C. 1974. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. Turrialba 21: 176-179.
- VÉLEZ-GUTIÉRREZ, C. & RODRÍGUEZ-GARAY, B. 1996. Microscopic Analysis of Polyembryony in *Opuntia ficus-indica*. Journal of the Association for Cactus Development 1: 39-48.

- VERDUIJN, M.H., VAN DIJK, P.J. & VAN DAMME, J.M.M. 2004. Distribution, phenology and demography of sympatric sexual and asexual dandelions (*Taraxacum officinale* s.l.): geographic parthenogenesis on a small scale. *Biological Journal of the Linnean Society* 82: 205-218.
- XIANG, C. & ROOSE, M.L. 1988. Frequency and Characteristics of Nucellar and Zygotic Seedlings in 12 *Citrus* Rootstocks. *Scientia Horticulturae* 37: 47-59.
- ZAMITH, L.R. & SCARANO, F.R. 2004. Seedling production of Restinga species of Rio de Janeiro Municipality, RJ, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 18(1): 161-176.
- ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs: New Jersey. 476p.
- WERPACHOWSKI, J.S.; VARASSIN, I.G. & GOLDENBERG, R. 2004. The occurrence of apomixis and parthenocarpy in some subtropical Asteraceae. *Revista Brasileira de Botânica* 27(3): 607-613.
- WILMS, H.J., VAN WENT, J.L., CRESTI, M. & CIAMPOLINI, F. 1983. Adventive Embryogenesis in *Citrus*. *Caryologia* 36(1): 65-78.

F000002857-3