

**MARIANA APARECIDA SILVA GODINHO**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM  
*Adenostemma brasilianum* (PERS.) CASS. (ASTERACEAE)**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Botânica, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G585b  
2007

Godinho, Mariana Aparecida Silva, 1982-  
Biologia reprodutiva e germinação de sementes em  
*Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass (Asteraceae)  
/ Mariana Aparecida Silva Godinho. – Viçosa, MG, 2007.  
ix, 77f. : il. ; 29cm.

Orientador: Milene Faria Vieira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. *Adenostemma* - Reprodução. 2. Fenologia.  
4. Polinização por inseto. 4. Germinação. I. Universidade  
Federal de Viçosa. II. Título.

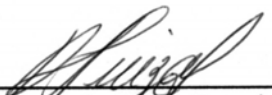
CDD 22.ed. 583.99146

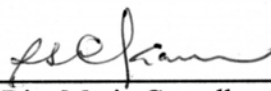
MARIANA APARECIDA SILVA GODINHO

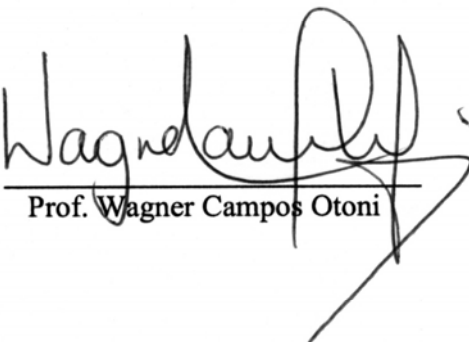
**BIOLOGIA REPRODUTIVA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM  
*ADENOSTEMMA BRASILIANUM* (PERS.) CASS. (ASTERACEAE)**

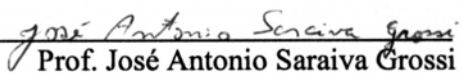
Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Botânica, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*

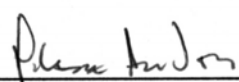
**APROVADA: 24 de abril de 2007**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Paulo Sérgio Fiuza Ferreira  
(Co-orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Rita Maria Carvalho-Okano  
(Co-orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Wagner Campos Otoni

  
\_\_\_\_\_  
Prof. José Antonio Saraiva Grossi

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Milene Faria Vieira  
(Orientadora)

## AGRADECIMENTOS

Ao curso de pós-graduação em Botânica do Departamento de Biologia Vegetal (DBV) e à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo apoio logístico ao projeto.

Ao CNPq e à FAPEMIG pelo auxílio financeiro.

Em especial, à minha orientadora Milene Faria Vieira, pela participação irrestrita na execução deste trabalho, pelas valiosas críticas, ensinamentos e amizade.

Ao funcionário Celso, “O pai das minhas filhinhas”, você se tornou um grande amigo.

À professora Eveline M. Alvarenga, da UFV, pelos ensinamentos, carinho e atenção.

Ao Mauro Leite, Francisco e Emanuel pela colaboração nas análises estatísticas do capítulo 3 e a Francisco Bastos pelas análises estatísticas do capítulo 1.

Ao professor Lúcio A. de Oliveira Campos, da UFV, pela identificação dos Hymenoptera e também pelos bate-papos;

Aos professores André Victor L. Freitas e Keith S. Brown Jr., da UNICAMP, pela identificação dos Lepidoptera;

À professora Rita Maria Carvalho-Okano, da UFV, pelas sugestões e grande atenção.

Aos professores Paulo Sérgio Fiúza Ferreira, Wagner C. Otoni e José Antonio S. Grossi, da UFV, pela participação na banca de defesa e pelas sugestões ao trabalho.

Aos funcionários Ângelo, Ilza, Gilmar, Alan, Dorvalino, José do Carmo e Luiz, do DBV, pela amizade e colaboração.

Ao Fred pela leitura e sugestões, carinho e pela amizade.

À colega Luzia, uma pessoa muito especial, obrigada por aparecer na minha vida, minha grande amiga. Valeu pelas companhias no campo e pelos imensos papos.

À Keka, uma pessoa linda, obrigada por tudo! Você é uma grande amiga.

À Luciana e Sônia, vocês apareceram na minha vida na hora certa, são grandes amigas e me ensinaram muito! Obrigada !!!

À Day, que me acompanhou na BVE 631, e depois ainda me deu um dos melhores presentes que eu poderia ganhar!! Valeu Day !!

Ao Thiago Coser, Allana Resende, Reule Teixeira e Marina Mello que pacientemente leram e fizeram ótimas sugestões e críticas ao meu trabalho.

Às amigas Graça e Val, obrigada pelos papos na cozinha, quantas vezes juntas, quantas lasanhas, carurus e festinhas de aniversário.

À minha grande Mãe, pela ajuda e correções na reta final da tese e ao meu Pai pelo apoio incondicional e confiança. Obrigada por estarem sempre ao meu lado!

Ao meu calado e ouvinte irmão. Acácio, você é um grande amigo e companheiro!  
Aos meus avós Cicino e Moreninha, obrigada por estarem ao meu lado! Amo vocês.  
A minha Vó Xista (*In memoriam*), embora não esteja fisicamente ao meu lado, sua presença é eterna em meu coração. Sinto muita saudade Vó, te amo eternamente!  
Ao João Henrique, um agradecimento muito especial. Você é acima de tudo um grande amigo e companheiro. Obrigada por passar pela minha vida.  
A todos os meus tios e tias e primos, pelos momentos especiais de paz e alegria, vocês sempre foram minha grande fonte de energia e vitalidade. Valeu por tudo!  
Enfim, agradeço a todos que cruzaram o meu caminho.

**Agora, um agradecimento especial a meu Pai, Deus, que me deu saúde, disposição e força de vontade para estar aqui e lutar por meus objetivos. Obrigada !!**

## **BIOGRAFIA**

Mariana Aparecida Silva Godinho, Filha de Jorge Godinho do Reis e Maria da Penha Silva Godinho, nasceu em 31 de março de 1982, em Mutum Minas Gerais.

Em Fevereiro de 2001 iniciou a graduação e em Janeiro de 2005 recebeu o diploma de Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas pela Escola de Ensino Superior São Francisco de Assis-ESFA, em Santa Teresa-ES.

Em Fevereiro de 2005 ingressou no curso de mestrado em Botânica, no Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa-MG, sob a orientação da Prof<sup>a</sup> Milene Faria Vieira.

Em Fevereiro de 2007 tornou-se professora de Botânica na Faculdade do Futuro em Manhuaçu-MG.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
OBJETIVO GERAL .....	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	5
Capítulo 1 História de vida e fenologia reprodutiva de <i>Adenostemma brasilianum</i> (Pers.) Cass. (Eupatorieae, Asteraceae) .....	10
RESUMO .....	10
1.1. INTRODUÇÃO .....	11
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
1.2.1. Área de trabalho .....	12
1.2.2. Espécie estudada .....	13
1.2.3. História de vida, fenologia reprodutiva e dinâmica de abertura das flores nos capítulos.....	14
1.3. RESULTADOS .....	15
1.4. DISCUSSÃO .....	18
1.5. CONCLUSÕES .....	22
1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23
Capítulo 2 Biologia floral e sistema reprodutivo de <i>Adenostemma brasilianum</i> (Pers.) Cass. (Eupatorieae, Asteraceae) .....	28
RESUMO .....	28
2.1. INTRODUÇÃO .....	28
2.2. METODOLOGIA .....	30
2.2.1. Área de trabalho .....	30
2.2.2. Espécie estudada .....	30
2.2.3. Morfologia e biologia floral .....	31
2.2.4. Sistema reprodutivo .....	31
2.2.4.1. Testes de polinização .....	31
2.2.4.2. Eficiência dos materiais utilizados para o isolamento dos capítulos .....	32
2.3. RESULTADOS .....	32
2.3.1. Morfologia floral e ASP .....	32
2.3.2. Sistema reprodutivo .....	35
2.4. DISCUSSÃO .....	36
2.5. CONCLUSÕES .....	39
2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
Capítulo 3 Visitantes florais de <i>Adenostemma brasilianum</i> (Pers.) Cass. Eupatorieae, Asteraceae).....	44
RESUMO .....	44
3.1. INTRODUÇÃO .....	45
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	47
3.2.1. Área de trabalho .....	47
3.2.2. Espécie estudada .....	47
3.2.3. Visitantes florais .....	48
3.2.3.1. Levantamento dos visitantes florais .....	48
3.2.3.2. Frequência dos visitantes .....	48

3.3. RESULTADOS .....	49
3.4. DISCUSSÃO .....	51
3.5. CONCLUSÕES .....	54
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
Capítulo 4 Germinação e qualidade de sementes em <i>Adenostemma brasilianum</i> (Pers.) Cass. (Asteraceae) .....	
RESUMO .....	58
4.1. INTRODUÇÃO .....	59
4.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	60
4.2.1. Local de amostragem .....	60
4.2.2. Teste de qualidade e preparação das sementes .....	62
4.2.3. Germinação .....	63
4.3. RESULTADOS .....	64
4.4. DISCUSSÃO .....	68
4.5. CONCLUSÕES .....	71
4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
CONCLUSÕES GERAIS .....	76



## RESUMO

GODINHO, Mariana Aparecida Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril, 2007. **Biologia reprodutiva e germinação de sementes em *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Asteraceae)**. Orientadora: Milene Faria Vieira. Co-orientadores: Rita Maria de Carvalho-Okano e Paulo Sérgio Fiúza Ferreira.

Inexistem estudos específicos sobre a biologia reprodutiva e germinação das sementes de *A. brasilianum*. Visando preencher esta lacuna, realizou-se a presente pesquisa, cujos objetivos foram conhecer aspectos da biologia reprodutiva incluindo a história de vida, a eficiência de dois materiais no isolamento dos capítulos, os visitantes florais e as melhores condições para germinação, além da longevidade e a qualidade física e fisiológica das suas sementes, informações fundamentais para facilitar o cultivo e conservação de *A. brasilianum*. A pesquisa foi realizada em duas áreas no município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W), Zona da Mata mineira: Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso – EPETEAMP ou Mata do Paraíso (MP), um fragmento florestal com 195 ha, onde ocorre população natural de *A. brasilianum*; e Horto Botânico (HB), do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, onde indivíduos foram cultivados, a partir de sementes oriundas da MP. O estudo iniciou-se em março de 2005 e se estendeu até dezembro de 2006. Para estudar a história de vida e fenologia, 50 indivíduos foram acompanhados desde plântulas até a morte. Neles observaram-se a presença ou ausência de botões florais, de flores abertas, diásporos em dispersão, herbivoria e indivíduos mortos. Além disso, 140 capítulos em botão floral foram marcados e acompanhados diariamente da antese das primeiras flores até a dispersão dos diásporos; caracterizando-se diversos aspectos da biologia da flor e do capítulo, inclusive o mecanismo de apresentação secundária de pólen (ASP). No estudo de sistema reprodutivo realizaram-se cinco testes na MP e no HB: AE-autopolinização espontânea; AG-agamospermia; AM-autopolinização manual; PC-polinização cruzada e PA-Polinização aberta. Exceto em PA, os capítulos foram isolados com failete. As médias foram comparadas pelo teste  $t$  (0,005%). Os testes para verificar a eficiência dos materiais, foram: AE, AG e AM em cada um deles e os capítulos foram isolados com musselina e failete; as médias foram comparadas pelo teste Qui-quadrado. Foi realizado o levantamento dos visitantes florais nos indivíduos da MP e do HB. A frequência de visitação foi verificada em quatro dias não-consecutivos, entre fevereiro e abril de 2006, apenas

em indivíduos da MP. As observações foram realizadas das 7:00 às 17:00h, por 30 minutos a cada hora, totalizando um esforço amostral de 20 horas. Para os testes de germinação, utilizou-se sementes coletadas na MP, e germinadas em caixas gerbox sob diferentes temperaturas (20°C, 25°C e 30°C) e regimes de luminosidade (suplementação de luz- SUP, luz ambiente- AMB, escuro contínuo- ESC), em quatro repetições com 50 sementes cada. A contagem das plântulas foi diária, durante 27 dias consecutivos. A longevidade foi testada, armazenando-se sementes a  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ , por dois, quatro, seis, doze e dezoito meses, e submetidas às mesmas análises descritas para as recém colhidas. Para caracterizar a qualidade física das sementes da população natural, elas foram classificadas nas categorias: perfeitas (com pericarpo carbonizado e embrião) e imperfeitas (sem embrião e hialinas). Os testes de dormência e local de embebição foram realizados com tetrazólio e azul de anilina, respectivamente. *A. brasilianum* é anual e formou banco de plântulas e 44% delas morreram com as fortes chuvas de verão; as remanescentes se desenvolveram rapidamente de novembro à dezembro/2005, coincidindo com o aumento da precipitação e temperatura. A floração estendeu de janeiro a abril de 2006, com pico em fevereiro. As flores apresentaram duas fases sexuais: a masculina, que dura algumas horas, e a feminina, que dura  $3\pm 1$  dias. A antese é matutina, as flores são protândricas, a deiscência das anteras ocorre cerca de 6:00h, quando inicia o processo de ASP, este se estende até cerca de 9:00h, com o início da fase feminina. O pólen é abundante, branco e apresentou viabilidade média de 96%. Nos capítulos, as flores se abrem em grupos e seqüencialmente. Nos dois primeiros dias, 74% delas encontravam-se em antese, e após 20 dias todos os diásporos encontravam-se maduros e expostos à dispersão. O pico de frutificação deu-se em março, em maio/2006 ocorreu o pico de herbivoria, causado por três besouros fitófagos (Chrysomelidae). *A. brasilianum* é autocompatível e não é agamospérmica. Os resultados dos testes de PC (81,6% de frutificação) e PA (71,3% na MP e 91,2% no HB) demonstram que os polinizadores exercem importante papel na sua reprodução, embora a espécie tenha se mostrado capaz de reproduzir independentemente dos seus serviços, através da autopolinização espontânea (13,9%). O failete foi mais eficiente para isolar os capítulos da ação dos polinizadores, foi, também, fundamental para a obtenção de resultados confiáveis sobre o sistema reprodutivo. Foram coletados 38 táxons de visitantes florais, pertencentes às ordens Lepidoptera (32 táxons), Hymenoptera (três) e Diptera (três). As borboletas Ithomiinae (18 espécies) e

Danainae (uma espécie), ambas Nymphalidae, e as mariposas diurnas Arctiidae (13 táxons) foram os grupos mais representativos em número de espécies. Dentre os lepidópteros, a maior frequência foi das Nymphalidae, especialmente, *Brevioleria aelia plisthenes*, *Episcada carcinia* e *Pteronymia euritea* (Ithomiinae), além de *Lycorea halia discreta* (Danainae). A inconstância de visitação dos lepidópteros parece ser recompensada pela diversidade de espécies e o seu comportamento de forrageio imprevisível, que favorecem a xenogamia e a alta frutificação natural. O pico de visitação ocorreu entre 8:00 e 11:00 h. Todos os Ithomiinae coletados são machos. Conforme descrito na literatura, eles buscam alcalóides pirrolidizínicos no néctar, que os tornam impalatáveis e são precursores na biossíntese de feromônios; durante a cópula, parte do alcalóide é transferido para as fêmeas. A melhor condição para germinação das sementes é 25°C SUP com 85,5% de germinação. A dormência, independente do regime de luminosidade, é induzida pela temperatura de 20°C. A mortalidade e a quebra de dormência aumentaram com o tempo de armazenamento, a longevidade das sementes é curta, se comparada a outras Asteraceae herbáceas, não ultrapassa 12 meses. Um capítulo possui em média 31 sementes, 25,3% delas imperfeitas, das quais cerca de 10% são partenocárpicas. Houve germinação mesmo que em baixas porcentagens em praticamente todas as condições testadas. Tal plasticidade pode estar relacionada ao fato de a planta ser silvestre, ainda não “domesticada”, característica vantajosa, visto que possibilita a germinação mesmo quando sob condições ambientais adversas. O presente estudo confirmou a possível existência de uma relação de co-dependência entre *A. brasilianum* e seus polinizadores. Embora a manutenção de ambos na MP dependa ainda de fatores, como a manutenção do hábitat de *A. brasilianum*, de seus dispersores e das fontes alimentares (principalmente folhas de espécies de Solanaceae) para as fases juvenis das Ithomiinae.

## ABSTRACT

GODINHO, Mariana Aparecida Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2007. **Reproductive biology and seed germination of *Adenostemma brasilianum*. (Pers.) Cass. (Asteraceae).** Adviser: Milene Faria Vieira. Co-Advisers: Rita Maria de Carvalho-Okano and Paulo Sérgio Fiúza Ferreira.

Specific studies on the reproductive biology and seed germination of *Adenostemma brasilianum* are inexistent. Aiming to fill this gap, the objective of this study was to investigate its life history (reproductive phenology and fruit dispersion process), reproductive biology, including tests on the efficiency of two types of materials in isolating the heads from their floral visitors, and visitation frequency. Best seed germination conditions, longevity and physical and physiological quality of the seeds were also verified. The research was carried out from March 2005 to December 2006 in Mata do Paraíso (MP), a seasonal semi-deciduous forest with 195 ha, and Horto Botânico (HB) at the Department of Plant Biology of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), both sites located in Viçosa (20°45'S and 42°51'W), Minas Gerais. For life history and phenology studies, 50 seedlings were monitored until death, with the following observations being made: presence or absence of floral buds, open flowers diaspores in dispersion, herbivores, and dead individuals; 140 heads were marked in floral buds which were observed daily from the first open flowers until dispersion, characterizing various aspects of flower and head biology, including ASP (pollen secondary presentation mechanism). For the breeding system, the following five tests were performed: AE- spontaneous self-pollination; AG- agamospermy; AM- manual self-pollination; PC- cross-pollination and PA- open pollination. Except for PA, the heads were isolated with "failete" bags. The averages were compared by the t test at 0.005% of probability. The tests to verify the efficiency of the two materials (muslin and "failete") were: AE, AG and AM and in each one of them the heads were isolated with muslin and "failete" and the averages compared by the Qui-square test. Assessment of the floral visitors was performed in both areas and visitation frequency was recorded only in MP, between 07:00 am and 05:00 pm., for 30 minutes every hour during four non-consecutive days, totaling a sampling effort of 20 hours. The visitor contacting the reproductive organs of the flowers was considered a pollinator. For the germination tests, four repetitions with 50 seeds each originated from MP were performed, with the seeds being submitted to different temperatures (20°C, 25°C and 30°C) and light schemes (light

supplementation- SUP, environmental light- AMB, continuous darkness- ESC) and daily seed count (27 consecutive days). Longevity was tested by storing seeds at  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  for two, four, six, twelve, and eighteen months, later submitting them to the same analyses described for the newly collected seeds. To characterize their physical quality, the natural population seeds were classified as perfect (with carbonized pericarp and embryo) and imperfect (without hyaline and embryo). Dormancy tests and imbibition's site were developed with tetrazolium and aniline blue, respectively. Since *A. brasilianum* is annual, a seedling bank was formed; 33% of them died due to strong summer rains and the remaining developed rapidly between November and December/2005, with increased rainfall and temperature. Flowering extended from January to April 2006, with a peak in February. The flowers presented two distinct sexual phases: a male phase, lasting a few hours and a female phase lasting  $3 \pm 1$  days. Anthesis occurs early in the morning, flowers are protandric, and dehiscence of the anthers occurs around 6:00 am, with the start of the ASP process, which extends until approximately 9:00 am, when the female phase initiates. Pollen is abundant, white and of high viability, on an average, 96%. In the heads, the flowers open sequentially in groups on the first two days, with 74% of them being found in anthesis, and after 20 days all the fruit were found exposed to dispersion. Fructification peak was between March and May 2006, followed by the herbivore peak, caused by three phytophagous beetles (Chrysomelidae). *A. brasilianum* is self-compatible, and with no agamospermy. The results of PC (81.6% fructification) and PA (71.3% in MP and 91.2% in HB) tests demonstrated that pollinators play an important role in its reproduction, although the species has shown to be able of reproducing independently from its services, through spontaneous self-pollination (13.9%). "Failete" was more efficient in isolating the heads from the pollinators' action being fundamental for obtaining reliable reproductive system results. Thirty-eight taxa, belonging to the order Lepidoptera (32 taxa), Hymenoptera (three) and Diptera (three) were collected. The butterflies Ithomiinae (18 species) and Danainae (one species), both Nymphalidae, and the diurnal moths Arctiidae (13 taxa) were the most representative groups in number of species. Among the Lepidoptera, Nymphalidae were the most frequent, especially *Brevioleria aelia plisthenes*, *Episcada carcinia* and *Pteronymia euritea* (Ithomiinae), besides *Lycorea halia discreta* (Danainae). The inconstant visitation of the lepdoptera was verified and was offset by its species diversity and unpredictable forage behavior, which favor xenogamy and high

fructification (>70% in PA). Visitation peak occurred between 8:00 am to 11:00 am. All the Ithomiinae collected were male. As described in the literature, they seek pyrrolidizine alkaloids in the nectar, which makes them unpalatable and are precursor of pheromone biosynthesis; during mating, a part of it is transferred to the females through the spermatophores. The best seed germination condition is 25°C SUP, with 85.5% rate. Dormancy was independent of the light regime, induced by temperature of 20°C. Mortality and dormancy break increased with storage time. Seed longevity is short, no longer than 12 months. A head has an average of 31 seeds, 25.3 % of them imperfect, of which around 10% are parthenocarpic. Germination occurred even at low percentages under practically all the conditions tested, with such plasticity being possibly related to the fact of the plant being wild, not yet ‘‘domesticated’’, which is advantageous for allowing germination under adverse environmental conditions. This study confirmed the existence of a co-dependence relation between *A. brasilianum* and its pollinators, although maintenance of both in MP depends on other factors, such as maintaining the habitat of *A. brasilianum*, its dispersers and feed sources (mainly Solanaceae leaves) for the Ithomiinae juvenile phases.

## INTRODUÇÃO GERAL

Asteraceae Martinov. ou Compositae Giseke está entre as cinco maiores famílias de dicotiledôneas (CRONQUIST, 1981; BREMER, 1994; JUDD *et al.*, 1999). Possui 1.535 gêneros e, aproximadamente, 23.000 espécies (BREMER, 1994), o que corresponde a quase 10% de toda a flora fanerogâmica mundial (PRUSKI & SANCHO, 2004). Considerada cosmopolita, ocorre em diferentes formações vegetacionais (BARROSO *et al.*, 1991) e está amplamente distribuída ao longo de todos os continentes, exceto Antártica (PRUSKI & SANCHO, 2004). São especialmente comuns nas regiões temperadas e subtropicais não-florestais (CRONQUIST, 1981). No Brasil, são comuns em formações abertas, principalmente cerrados, e no interior de florestas densas são pouco comuns (SOUZA & LORENZI, 2005); está representada por cerca de 1.900 espécies (BARROSO *et al.*, 1991). Muitas espécies são consideradas invasoras ou ruderais (GAVILANES & ANGIERI-FILHO, 1991).

São plantas de hábito muito variado, embora o herbáceo seja predominante (JOLY, 1967). Caracterizadas por inflorescências denominadas de capítulos, as asteráceas estão subdivididas em três subfamílias: Barnadesioideae, com apenas uma tribo, Cichorioideae, com seis tribos, e Asteroideae, com dez tribos (BREMER, 1994). Pertence a essa última subfamília, a tribo Eupatorieae, que compreende 170 gêneros, dentre eles *Adenostemma* (Forst. & Forst.), e, aproximadamente, 2.000 espécies, cuja distribuição está quase restrita ao hemisfério ocidental, reflexo de sua origem neotropical (KING & ROBINSON, 1987).

*Adenostemma* engloba 24 espécies (KING & ROBINSON, 1987; BREMER, 1994), típicas de florestas densas (SOUZA & LORENZI, 2005), encontradas comumente em interiores ou bordas de matas (MORAES, 1997); no Brasil são encontradas cinco espécies (KING & ROBINSON, 1987). Ocorrem em regiões da América Central, do Sul da América do Sul (Argentina, Bolívia, Uruguai e Brasil), da África, Ásia e ilhas do Pacífico.

As asteráceas produzem diversos compostos secundários (BARDÓN *et al.*, 1996; PRUSKI & SANCHO, 2004), dentre eles os alcalóides pirrolidizínicos (PAs). Os PAs são sintetizados, principalmente, por espécies das tribos Eupatorieae (p.ex. *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass.) e Senecioneae (p.ex. *Senecio* spp.) (KING & ROBINSON, 1987). Esses alcalóides apresentam muitas atividades biológicas

(BROWN & TRIGO, 1995; HARTMANN & WITTE, 1995; HARTMANN, 1999; TRIGO, 2000), dentre elas, conferir toxicidade a insetos (p. ex. borboletas) que os obtêm quando adultos, principalmente no néctar das flores (BOPPRÉ, 1990; BROWN, Jr. 1984a; b; EDGAR, 1982; HARTMANN, 1999) e proteger as plantas contra o ataque de herbívoros e de patógenos (CRONQUIST, 1981; BOPPRÉ, 1990; MATZEMBACHER, 1998).

Os alcalóides pirrolidizínicos apresentam-se em concentrações variadas nos diferentes órgãos das plantas e podem também variar temporal e espacialmente, dependendo do estado fisiológico e ambiental no qual a planta se encontra. Essas concentrações podem corresponder a, aproximadamente, 18% do peso seco de uma dada planta (BOPPRÉ, 1990). Na maioria das espécies de Asteraceae, que sintetizam os PAs, grandes concentrações desses alcalóides podem ser observadas no néctar (BROWN, 1984a; b; BROWN, 1987; TRIGO *et al.*, 1996; CONNER *et al.*, 2000; KARAM *et al.*, 2002; PAIVA & BARATA, 2004).

EDGAR (1982) relatou pela primeira vez o envolvimento dos PAs na defesa química de lepidópteros, que, na fase larval, o obtêm durante a ingestão de partes vegetativas da planta hospedeira. BROWN (1984a; b) e BROWN & TRIGO (1995) observaram adultos de lepidópteros adquirindo os PAs do néctar floral. Estes insetos se tornaram, ao longo da evolução, capazes de absorver e transformar este composto em substâncias importantes para complementação do seu ciclo de vida (BROWN, 1984 a e b; BOPPRÉ, 1990; TRIGO *et al.*, 1996; PAIVA & BARATA, 2004). Os machos desses lepidópteros utilizam os PAs como precursor na síntese de feromônios, que são fundamentais ao sucesso na corte (BROWN 1984a; b), além de os acumularem em seus tecidos corpóreos, tornando-os impalatáveis (BROWN, 1984 a e b, CONNER *et al.* 2000). O acúmulo ocorre também nos espermatóforos e, por isso, os PAs são transferidos para as fêmeas durante a cópula, que as tornam também impalatáveis; as fêmeas, por sua vez, transferem parte dos alcalóides adquiridos para os seus ovos (BOWERS, 1980; BROWN, 1984a; b; BROWN, 1987; BOPPRÉ, 1990; TRIGO *et al.*, 1996; CONNER *et al.*, 2000; TRIGO, 2000; SILVA & TRIGO, 2002; SCHULZ *et al.*, 2004). Essa estratégia é utilizada principalmente por borboletas e mariposas diurnas das famílias Nymphalidae e Arctiidae, respectivamente (TRIGO *et al.*, 1996; TRIGO, 2000).

Asteraceae, em relação aos polinizadores são generalistas, contudo há predominância da zoofilia (RICHARDS, 1997). PRUSKI & SANCHO (2004) as



consideraram principalmente entomófila, embora relatem que casos esporádicos de ornitofilia, quiropterofilia e anemofilia também podem ocorrer. Na entomofilia, os principais polinizadores são borboletas e abelhas (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1971; SAZIMA & MACHADO, 1983; FREE, 1993; MANI & SARAVANAN, 1999), insetos que coletam pólen e, ou, néctar, recursos abundantes nos capítulos. Apesar do conhecimento em relação aos grupos de polinizadores (p. ex. borboletas e abelhas), estudos que informem a identidade desses animais são escassos (SAZIMA & MACHADO, 1983; CERANA, 2004; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004; EITERER, 2006).

Em relação ao sistema reprodutivo, as asteráceas são, comumente, auto-incompatíveis (HEINRICH & RAVEN, 1972; PROCTOR & YEO, 1978; LEWIS, 1979; SAZIMA & MACHADO, 1983; REINARTZ & LES, 1994; ROITMAN, 1995; RICHARDS, 1997). Esse mecanismo previne a autofecundação e, portanto, ajuda na manutenção da variabilidade genética (LUIJTEN *et al.*, 1996). Outros mecanismos reprodutivos, que independem de polinizadores também são registrados, dentre eles, a apomixia ou agamospermia (PROCTOR & YEO, 1978; RICHARDS, 1997; WERPACHOWSKI *et al.*, 2004), a pseudo-auto-incompatibilidade (BERRY & CALVO, 1989) e a autocompatibilidade (ABBOT & IRWIN, 1998; SUN e GANDERS, 1990; REINARTZ & LES, 1994; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004). Estes mecanismos, juntamente com outros caracteres adaptativos, incluindo os componentes químicos peculiares, parecem ter proporcionado à família, sucesso nos mais diversificados ambientes, onde outras famílias menos especializadas dificilmente teriam condições de se estabelecerem (BERRY & CALVO, 1989; ROITMAN, 1995; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004; WERPACHOWSKI *et al.*, 2004).

Os diásporos das Asteraceae compreendem a cipsela (BREMER, 1994), e o papilho. A maioria é anemocórico (papilho plumoso ou cerdoso), embora os gêneros *Acanthospermum*, *Adenostemma*, *Bidens*, *Xanthium*, dentre outros, sejam zoocóricos (papilho espinhoso ou glanduloso) (PRUSKI & SANCHO, 2004). A ampla distribuição da família também tem sido relacionada ao sucesso de dispersão de seus diásporos e à abundância de frutificação (BARROSO *et al.*, 1991; BREMER, 1994; STUESSY & GARVER, 1996; MANI & SARAVANAN, 1999; PRUSKI & SANCHO, 2004).

Devido à grande diversidade específica encontrada nesta família, os estudos ecológicos são pouco representativos e, portanto, há carência de pesquisas relacionadas, principalmente, a biologia da reprodução. Alguns desses estudos foram realizados por NORONHA & GOTTSBERGER (1980), LAWRENCE (1980), SAZIMA & MACHADO (1983), GUARIGUATA (1988), BERRY & CALVO (1989), HOWELL *et al.* (1993), OLSEN (1997), MANI & SARAVANAN (1999), CERANA (2004), GROMBONE-GUARATINI *et al.* (2004), mas, nenhum deles envolveu espécies de *Adenostemma*.

Também são escassos os estudos sobre o comportamento germinativo, a longevidade, a dormência e a formação de bancos de sementes pelas asteráceas (FIGUEREDO, 1975; BASKIN & BASKIN, 1979; GRIME *et al.*, 1981; BASKIN, 1985; TANOWITZ *et al.*, 1987; KLEIN & FELIPPE, 1991; REDDY & SINGH, 1992; PEREZ-GARCIA, 1993; CARNELOSSI *et al.*, 1995; MALUF & WINZENTIER, 1998; FERREIRA *et al.*, 2001; GOMES & FERNANDES, 2002; GUARIGUATA, 1988; VELTEN, 2004; VELTEN & GARCIA, 2005). Essas pesquisas trazem informações fundamentais, possibilitando a utilização de espécies nativas para diversos fins, inclusive para o uso comercial, e constituem um passo essencial para a sua proteção contra a ameaça de extinção (LABOURIAU, 1983). Além disso, as tornam potencialmente aptas a participarem de programas de conservação, manejo e recuperação de áreas degradadas (GOMES & FERNANDES, 2002).

*Adenostemma brasilianum* é pouco conhecida em relação a questões ecológicas, havendo apenas duas publicações que se referem exclusivamente à espécie. YAPP (1906) tratou de seu mecanismo de dispersão e BARDÓN *et al.* (1996) abordaram sobre compostos secundários. Há, contudo, outras pesquisas nas quais *A. brasilianum* é citada, tais como, em levantamentos florísticos (ALMEIDA *et al.*, 2004; MORAES, 1997, FERREIRA, 2006) e em outras abordagens ecológicas (BROWN, 1984a; b; SPINA *et al.*, 2001). Devido à participação de *A. brasilianum* no ciclo biológico de borboletas e mariposas, foi objetivo estudar aspectos de sua reprodução, o que representará um importante passo para sua conservação e também a do ecossistema no qual está inserida.

## OBJETIVO GERAL

Objetivou-se estudar a biologia reprodutiva de *Adenostemma brasilianum*, visando esclarecer os seguintes aspectos:

- A história de vida, desde o estabelecimento à morte das plântulas, incluindo a fenologia reprodutiva e a dinâmica dos capítulos, desde as primeiras flores em antese até a dispersão dos diásporos.
- A morfologia e a biologia floral, descrevendo o mecanismo de apresentação secundária de pólen, incluindo as modificações florais da antese até a senescência;
- Os visitantes florais e, dentre eles, os polinizadores;
- O sistema reprodutivo e a eficiência de dois diferentes materiais (musselina e failete), utilizados para isolar os capítulos, durante os testes de polinização;
- As melhores condições para a germinação, viabilidade e longevidade das sementes, informações fundamentais para facilitar seu cultivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbot, R.J. & Irwin, J.A. 1998. Pollinators movements and the polymorphism for outcrossing rate at the ray locus in common groundsel, *Senecio vulgaris*. **Heredity** **60**: 295-298.
- Almeida, A.M.; Prado, P.I. & Lewinsohn, T.M. 2004. Geographical distribution of Eupatorieae (Asteraceae) in South-eastern and South Brazil Mountain Ranges. **Plant Ecology** **174**: 163-181.
- Bardón, A.; Montanaro, S.; Catalán, C.A.N.; Díaz, A.G. & Herz, W. 1996. Kaurenes and related diterpenes from *Adenostemma brasilianum*. **Phytochemistry** **42**: 479-484.
- Barroso, G.M.; Peixoto, A.L.; Costa, C.G.; Ichaso, C.L.F.; Guimarães, E.F. & Lima, H.C. 1991. **Sistemática de Angiospermas do Brasil** v.3. Imprensa Universitária UFV, Viçosa, 326p.
- Baskin, J.M. 1985. The requirement for germination of *Aster pilosus* seeds: Temporal aspects and ecological consequences. **Journal of Ecology** **73**: 765-773.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1979. The germination strategy of oldfield Aster (*Aster pilosus*). **American Journal of Botany** **66**: 1-5.
- Berry P.E. & Calvo, R.N. 1989. Wind pollination, self compatibility, and altitudinal shifts in pollination systems in the high Andean genus *Espeletia* (Asteraceae). **Journal of Ecology** **76**: 1602-1614.
- Boppré, M. 1990. Lepidoptera and alkaloids pirrolidizínicos: exemplification of complexity in chemical ecology. **Journal of Chemical Ecology** **34**: 586-600.
- Bremer, K. 1994. **Asteraceae - cladistic & classification**. Timber Press, Oregon, 752p.
- Brown Jr., K.S. 1984a. Adult-obtained pyrrolidizine alkaloids defend ithomiine butterflies against a spider predator. **Nature** **309**: 707-709.

- Brown Jr., K.S. 1984b. Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult ithomiinae (Lepdoptera: Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia** **44**: 435-46.
- Brown Jr., K.S. 1987. Chemistry at the Solanaceae/Ithomiinae interface. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **74**: 359-397.
- Brown Jr., K.S. & Trigo, J.R. 1995. Ecological activities of the alkaloids. p. 227-356, *In*: Cordell, G. (Ed.). **The Alkaloids**. Academic Press. New York, 462p.
- Bruneton, J. 1999. **Pharmacognosy**. Intercept, Paris, 1119p.
- Carnelossi, M.A.G.; Lamounier, L. & Ranal, M.A. 1995. Efeito da luz, hipoclorito de sódio, escarificação e estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), maioba e moreninha-de-uberlândia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **30**: 779-787.
- Cerana, M.M. 2004. Flower morphology and pollination in *Mikania* (Asteraceae). **Flora** **199**: 168-177.
- Conner, W.E.; Boada, R.; Schroeder, F.C.; González, A.; Meinwald, J. & Eisner, T. 2000. The chemical defense: bestowal of a nupcial alkaloidal germent by a male moth on its mate. **Proceedings of the National AS** **97**: 14406-14411.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press, New York, 1262p.
- Edgar, J.A. 1982. Pyrrolizidine alkaloids sequestered by Solomom Island danaine butterflies. The feeding preference of the Danainae and Ithomiinae. **Journal Zoological** **196**: 385-399.
- Faegri, K. & van der Pijl, L. 1971. **The principles of pollination ecology**. Pergamon Press Ltd., Oxford, 291p.
- Fenner, M. 1985. **Seed ecology**. Chapman & Hall, New York, 621p.
- Ferreira, A.G., Cassol, B., Rosa, S.T., Silveira, T.S. & Stival, A.L. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasília** **15**: 231-242.
- Figueredo, R.C. 1975. Notas preliminares sobre a germinação e ocorrência de derivados cumarínicos em aquênios de *Eupatorium pauciflorum* H.B.K. (Compositae). **Hoehnea** **5**: 57-57.
- Free, J.B. 1993. **Insect pollination of crops**. Academic Press, New York, p.684.
- Gavilanes, M.L. & Angieri-Filho, C.N. 1991. Flórula ruderal da cidade de Lavras, MG. **Acta Botânica Brasília** **5**: 77-88.
- Gomes, V. & Fernandes, G.W. 2002. Germinação de aquênios de *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae). **Acta Botânica Brasília** **16**: 421-427.
- Grime, J.P.; Manson, G.; Curtis, A.V.; Rodman, J.; Band, S.R.; Mowforth, M.A.G.; Neal, A.M.; & Shaw, S. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. **Journal of Ecology** **69**: 1017-1059.
- Grombone-Guaratini, M.T.; Solferini, V.N. & Semir, J. 2004. Biology reproductive in species of the *Bidens* L. (Asteraceae). **Science Agriculture** **61**: 185-189.

- Guariguata, M.R. 1988. Seed bank dynamics and germination ecology in *Espeletia timotensis* (Compositae), on Andean Giant Rosette. **Biotropica** **20**: 54-59.
- Harper, J.L.; Phlovel, L. & Moore, K.G. 1980. The shapes and size of seeds. **Annals Review of Ecology and Systematics** **1**: 327-356.
- Hartmann, T. 1999. Chemical ecology of pyrrolidine alkaloids. **Planta** **207**: 488-495.
- Hartmann, T. & Witte, L. 1995. Chemistry, biology and chemoecology of the pyrrolizidine alkaloids. 155-233p. *In*: (Ed.). **Alkaloids – Chemical and Biological Perspectives**. Pergamon Press. Oxford. 498p.
- Heinrich, B. & Raven, P.H. 1972. Energetics and pollination ecology. **Science** **176**: 597-602.
- Heyood, V.H. 1993. **Flowering plants of the world**. University Press, Oxford, 410p.
- Howell, G.J.; Stater, A.T. & Knox, R.B. 1993. Secondary pollen presentation in angiosperms and its biological significance. **Australian Journal of Botany** **41**: 417-438.
- Jain, S.K. 1982. Variation and adaptative role of seed dormancy in some annual grassland species. **Botanical Gazette** **143**: 101-106.
- Joly, A.B. 1967. **Botânica: introdução a taxonomia vegetal**, 7ª ed., Cia Editora Nacional, São Paulo, 634p.
- Karam, F.S.C.; Méndez, M.C.; Jarenkow, J.A. & Riet-Correa, F. 2002. Fenologia de quatro espécies tóxicas de *Senecio* (Asteraceae) na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira** **22**: 33-39.
- Klein, A. & Felipe, G.M. 1991. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **7**: 955 – 966.
- Labouriau, L.C. 1983. **A germinação das sementes**. OEA, Washington, 144p.
- Lawrence, M.E. 1980. *Senecio* L. (Asteraceae) in Australia: Reproductive biology of a genus found primarily in unstable environments. **Australian Journal of Botany** **33**: 197-208
- Lewis, D. 1979. **Sexual incompatibility in plants**. E. Arnold Limited. London. 154p.
- Luijten, S.H.; Oostermeijer, J.G.B.; Van Leeuwen, N.C. & Den Nijs, H.C.M. 1996. Reproductive success and clonal genetic structure of the rare *Arnica montana* (Compositae) in the Netherlands. **Plant Systematics and Evolution** **201**: 15-30.
- Maluf, A.M. & Wizenier, B. 1998. Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica** **21**: 247-257.
- Mani, M.S. & Saravanan, J.M. 1999. **Polinization ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. Science Publishers, New Hampshire, 166p.
- Matzembacher, N.I. 1998. **O complexo Senecionioide ( Asteraceae - Senecioneae) no Rio Grande do Sul - Brasil**. Tese Doutorado em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 274p.
- McArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, New Jersey. 203p.

- Moraes, M.D. 1997. **A família Asteraceae na planície Litorânea de Picinguaba município de Ubatuba-SP.** Tese Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154p.
- Noronha, M.R. & Gottsberger, G. 1980. A polinização de *Aspilia floribunda* (Asteraceae) e *Coclospermum regium* (Coclospermaceae) e a relação das abelhas visitantes com outras plantas do cerrado de Botucatu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica 3:** 67-77.
- Olsen, K.M. 1997. Pollination effectiveness and pollinator importance in a population of *Heterotheca subaxilaris* (Asteraceae). **Oecologia 109:** 114-121.
- Paiva J.A. & Barata, L.E.S. 2004. Pirrolizidine alkaloids in three *Senecio* species from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology 32:** 1219-1222.
- Perez-Garcia, F. 1993. Effect of the origin of the cypsela on germination of *Onopordum acanthium* L. (Asteraceae). **Seed Science & Technology 21:** 187-195.
- Proctor, M.C.F. & Yeo, P. 1978. **The pollination of flowers.** William Collins Sons & Co Ltd Glasgow, Great Britain. 498p.
- Pruski, J.F. & Sancho, G. 2004. Asteraceae. In: N.Smith et al. (eds.) **Flowering plants systematics.** Harper & Row, New York, 891p.
- Reddy, K.N. & Singh, M. 1992. Germination and emergence of hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Weed Science 40:** 195-199.
- Reinartz, J.A. & Les, D.H. 1994. Bottleneck-induced dissolution of self-incompatibility and breeding system consequences in *Aster furcatus* (Asteraceae). **American Journal of Botany 81:** 446-455.
- Richards, A.J. 1997. **Plant breeding systems.** George Allen and Unwin, London. 528p.
- Robins, D.J. 1977. Senecioneae – Chemical review. p.21-39 In: V.H. Heywood, J.B. Harborne & B.L. Tumer (Eds.). **The biology and chemistry of the compositae.** London: Academic Press, New York, 621p.
- Roitman, G.G. 1995. Comportamiento reproductivo de *Grindelia chilensis* (Asteraceae). **Darwiniana 33:** 21-26.
- Sazima M. & Machado I.C.S. 1983. Biologia floral de *Mutisia coccinia* ST. Hil. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica 6:** 106-108.
- Schulz, S.; Beccaloni, G.; Brown Jr., K.S.; Boppré, M.; Freitas, A.V.L.; Ockenfels, P. & Trigo, J.R. 2004. Demiochemicals derived from Pyrrolizidine Alkaloids in male Ithomiinae butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). **Biochemical Systematics and Ecology 32:** 699-713.
- Silva, K.L. & Trigo, J.R. 2002. Structure-activity relationships of pyrrolizidine alkaloids in insect chemical against the orb-weaving spider *Nephila clavipes*. **Journal of Chemical Ecology 28:** 657-668.
- Souza, C.V. & Lorenzi, H. 2005. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação de famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II.** Copyright, São Paulo, 523p.

- Spina, A.P.; Ferreira, W.M. & Filho, H.F.L. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas - SP. **Acta Botânica Brasílica 15**: 349-368.
- Stuessy, T.F. & Garver, D. 1996. The defensive role of pappus in heads of Compositae. p. 81-91. *In*: P.D.S. Caligari & D.J.N. Hind (eds.). **Compositae: biology & utilization**. Royal Botanical Gardens, New York, 128p.
- Sun, M. & Ganders, F.R. 1990. Outcrossing rates and allozyme variation in rayed and rayless morphos of *Bidens pilosa*. **Heredity 64**: 139-143
- Tanowitz B.D.; Salopek, P.F. & Mahall B.E. 1987. Differential germination of ray and disc achenes in *Hemizonia increscens* (Asteraceae). **American Journal of Botany 74**: 303-312.
- Trigo J.R. 2000. The chemistry of antipredator defense by secondary compounds in neotropical lepidoptera: facts, perspectives and caveats. **Journal Brazilian of Chemical Society 11**: 551-561.
- Velten, S.B. 2004. **Aspectos morfológicos dos aquênios, germinação e potencial de formação de banco de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 61p.
- Velten, S.B. & Garcia, Q.S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica 19**: 753-761.
- Werpachowski, J.S.; Varassin, I.G. & Goldenberg, R. 2004. Ocorrência de apomixia e partenocarpia em algumas espécies subtropicais de Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica 27**: 607-613.
- Yapp, R.H. 1906. Fruit-dispersal in *Adenostemma viscosum*. **Annals of Botany 20**: 311-316.

## Capítulo 1

### **História de vida e fenologia reprodutiva de *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Eupatorieae, Asteraceae)**

#### **RESUMO**

Conhecer a história de vida dos vegetais auxilia na compreensão do seu comportamento reprodutivo e de suas respostas aos fatores ambientais. Estudos fenológicos em Asteraceae são poucos e a maioria refere-se à fenologia da floração. Visando ampliar estas informações, o objetivo foi conhecer a história de vida, incluindo a fenologia reprodutiva e a biologia dos capítulos de *Adenostemma brasilianum*, espécie herbácea de mata com 0,3 a 1 m de altura. A pesquisa foi realizada, em duas áreas, ambas localizadas no município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W), Zona da Mata de Minas Gerais: Mata do Paraíso (MP), fragmento florestal com 195 ha de Floresta Estacional Semidecidual, onde ocorre população natural de *A. brasilianum*; e Horto Botânico (HB), do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, onde indivíduos foram cultivados, a partir de sementes oriundas da MP. Em fevereiro de 2005, registraram-se plântulas na MP e, em julho do mesmo ano, 50 indivíduos, com até dois pares de folhas, foram marcados e acompanhados até a morte; neles avaliaram-se a presença e a ausência de botões florais, flores abertas, diásporos em dispersão, herbivoria e indivíduos mortos. As observações foram mensais, durante a fase vegetativa, e semanais após a formação das primeiras inflorescências. Foram marcados 70 capítulos em indivíduos cultivados no HB e os outros 70 da MP, todos em botão floral; foram acompanhados diariamente, a partir da antese das primeiras flores até a dispersão dos diásporos, caracterizando a longevidade, a dinâmica de abertura das flores e as alterações morfológicas sofridas pelos capítulos para que ocorra a dispersão dos diásporos. *A. brasilianum* é anual, monocárpica e formou banco de plântulas, cujo período de persistência foi de, aproximadamente, nove meses (fevereiro a outubro). Entre novembro e dezembro de 2005, com as fortes chuvas de verão, 44% dos indivíduos morreram, principalmente, devido aos danos físicos, tais como soterramento, queda de galhos e troncos sobre os indivíduos e o pisoteio. Houve rápido desenvolvimento dos indivíduos sobreviventes, em novembro e dezembro, coincidindo com o aumento de precipitação e temperatura. Esses indivíduos floresceram de janeiro a abril de 2006, com um pico em fevereiro. Nos capítulos, as flores se abrem em grupos, seguindo uma seqüência centrípeta, e em três dias consecutivos; nos dois primeiros dias, 74% das flores encontravam-se em antese. No vigésimo dia, os diásporos encontravam-se completamente expostos, pois as brácteas involucrais tornavam-se reflexas. A dispersão é zoocórica, realizada com o auxílio do papilho glandulífero, característica incomum entre as asteráceas. O pico de frutificação ocorreu em março. Em maio, observou-se um pico de herbivoria, causada por três besouros fitófagos, *Agathomerus signatus* Klug, *Elytrosphoera xarthopyga* Stall e *Homophoeta octoguttata* (Fabr.), todos da família Chrysomelidae. Nessa ocasião, esses besouros alimentavam-se das folhas, restando, nos indivíduos, apenas o caule e os pecíolos foliares. Em dezembro, todos os indivíduos encontravam-se mortos, caracterizando um ciclo anual.



## 1.1. INTRODUÇÃO

Conhecer a história de vida de vegetais, desde a emergência das plântulas até a morte é essencial (FUORNIER, 1976; MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1996; MACHADO *et al.*, 1997), visto que possibilita a compreensão do seu comportamento reprodutivo, suas relações com fatores ambientais, além das respostas biológicas dos indivíduos à herbivoria, aos polinizadores, aos dispersores e predadores de sementes (FRANKIE *et al.*, 1974; SPINA *et al.*, 2001). Dentre as asteráceas neotropicais predominam plantas herbáceas, muitas das quais são anuais (PRUSKI & SANCHO, 2004). Logo, estudos dessa natureza podem ser facilmente realizados, contudo, ao contrário do esperado, a família ainda carece destas pesquisas.

Os ecossistemas tropicais englobam a maior diversidade de padrões fenológicos do planeta (NEWSTRON *et al.*, 1994), embora ainda sejam pouco estudados (SPINA *et al.*, 2001). Tais padrões estão diretamente relacionados a fatores bióticos, tais como as interações planta-polinizador, e abióticos, dentre eles, as condições climáticas (SPINA *et al.*, 2001; KARAM *et al.*, 2002).

Estudos fenológicos em espécies de Asteraceae são poucos (AUGUSPURGER, 1980; GROSS & WERNER, 1983; LADEIRA *et al.*, 1987; ARAÚJO *et al.*, 1995; MORAES, 1997; MALUF & WIZERNTIER, 1998; SPINA *et al.*, 2001; WEISER & GODOY, 2001; KARAM, *et al.*, 2002; CERANA, 2004; MUNHOZ & FELFILI, 2005; ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005; FERREIRA, 2006), principalmente, se considerada a riqueza específica dessa família (23.000 espécies; BREMER, 1994). Dentre esses estudos, poucos tiveram como principal objetivo a ser alcançado o registro das fenofases brotação, floração e frutificação (MALUF & WIZERNTIER, 1998; SPINA *et al.*, 2001; KARAM, *et al.*, 2002; MUNHOZ & FELFILI, 2005); a grande maioria referiu-se apenas à fenologia da floração (AUGUSPURGER, 1980; GROSS & WERNER, 1983; LADEIRA *et al.*, 1987; CERANA, 2004; ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005). Em outros trabalhos, os autores fizeram levantamento florístico da família e, simultaneamente, registraram dados sobre a fenologia das espécies registradas (MORAES, 1997; WEISER & GODOY, 2001; FERREIRA, 2006). ARAÚJO *et al.* (1995), por sua vez, avaliaram a influência do estado fenológico sobre a abundância de insetos herbívoros.

*Adenostemma* engloba 24 espécies herbáceas anuais (KING & ROBINSON, 1987; BREMER, 1994) e é um dos poucos gêneros de asterácea que é típico de interior de matas (KING & ROBINSON, 1987). Ocorre em áreas de baixas altitudes, com distribuição pantropical (KING & ROBINSON, 1987); no Brasil foram registradas cinco espécies (KING & ROBINSON, 1987), dentre elas *A. brasilianum*.

*A. brasilianum* tem sido citada, principalmente, em trabalhos relacionados à ecologia química, síntese de metabólitos secundários (alcalóides pirrolidizínicos) e dispersão de diásporos (YAPP, 1906; BROWN Jr., 1984a, b; BARDÓN *et al.*, 1996; SPINA *et al.*, 2001; ALMEIDA *et al.*, 2004; FERREIRA, 2006). Os trabalhos que abordaram aspectos da sua fenologia reprodutiva são o de MORAES (1997) e o de FERREIRA (2006). Visando ampliar os conhecimentos sobre a biologia de *Adenostemma brasilianum*, o objetivo foi conhecer a sua história de vida, incluindo a fenologia reprodutiva, e a dinâmica dos capítulos desde as primeiras flores em antese até a dispersão dos diásporos.

## 1.2. MATERIAL E MÉTODOS

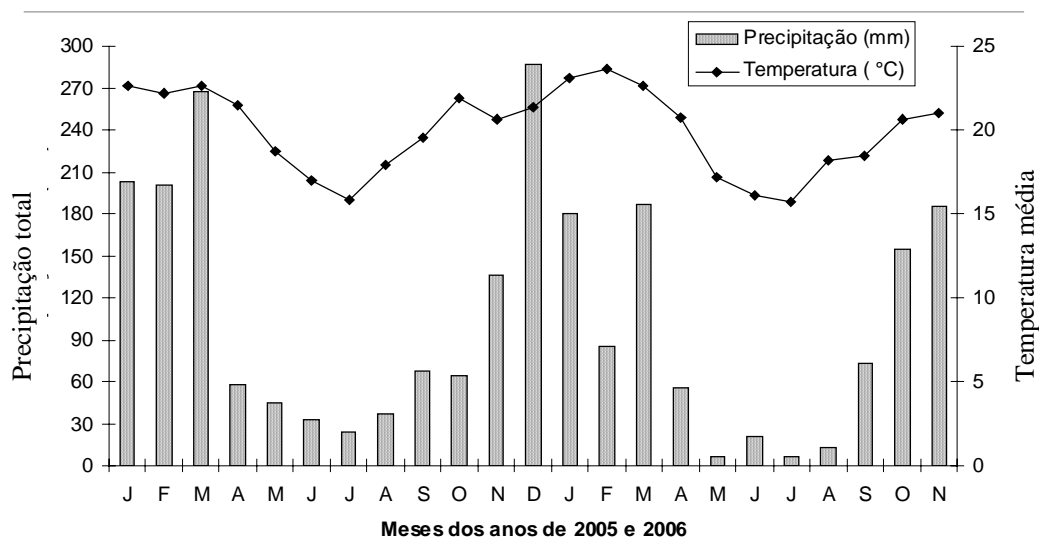
### 1.2.1. Área de trabalho

A pesquisa foi realizada entre março de 2005 e dezembro de 2006, em duas áreas. A primeira corresponde ao maior fragmento florestal do município de Viçosa, pertence à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e denomina-se Estação Experimental de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPETEAMP) ou popularmente conhecida por Mata do Paraíso (MP), como será referida. No século XIX, a MP foi desmatada, tendo ocorrido intensa retirada de madeira. Hoje, a mata existente é de regeneração secundária (CASTRO, 1980), incluindo uma área com um pequeno plantio de *Pinus* e *Eucalyptus*, com sub-bosque em seu interior.

Sua vegetação foi definida por VELOSO *et al.* (1991) como Floresta Estacional Semidecidual, em parte caducifólia, que, segundo RIZZINI (1992), faz parte dos domínios da Floresta Atlântica. Abrange aproximadamente 194,6 ha., com altitudes que variam de 720 a 880 m (LEAL-FILHO, 1992) e apresenta relevo ondulado e montanhoso (CORREIA, 1983).

A segunda área é o Horto Botânico (HB) do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, onde foram cultivados indivíduos de *A. brasilianum*, a partir de sementes oriundas da MP.

Ambas as áreas localizam-se no município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W), Zona da Mata de Minas Gerais. O clima do município, segundo classificação de Köppen, é definido como Cwa, subtropical com chuvas de verão. As médias anuais



de umidade relativa do ar e precipitação são, respectivamente, 80% e 1.345 mm (ROMANOVSKI, 2001), a temperatura média e precipitação total, para os anos de 2005 e 2006, estão apresentadas na figura 1. OLIVEIRA-JUNIOR & DIAS (2005) constataram que entre os meses de novembro e janeiro houve 75% dos 849,6 mm de precipitação anual efetiva registrada para MP.

**Figura 1.** Dados climatológicos para os anos de 2005 (de janeiro a dezembro) e 2006 (de janeiro a novembro) para o município de Viçosa, Minas Gerais. Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa.

### 1.2.2. Espécie estudada

*Adenostemma brasilianum* é anual e mede entre 0,3 m a 1 m de altura (MORAES, 1997). As folhas são opostas, ovado-deltóides, com ápice acuminado, a face superior possui tricomas esparsos enquanto a inferior é completamente glabra (BARROSO *et al.*, 1991; MORAES, 1997, FERREIRA, 2006). Os capítulos têm numerosas flores com corola tubulosa e branca e os ramos do estilete apresentam longos apêndices claviformes brancos (KING & ROBINSON, 1987; MORAES, 1997). A cipsela (BREMER, 1994) é obovóide, carbonizada (pericarpo enegrecido) e possui papilho com duas ou três cerdas rijas e glandulíferas (BARROSO *et al.*, 1991), que auxiliam na dispersão zoocórica (*cf.* van der PIJL, 1982).

A espécie ocorre em regiões de baixas altitudes, em interiores de mata ou bordas (sob sombra parcial), em locais úmidos (KING & ROBINSON, 1987; MORAES, 1997) ou até mesmo alagados (MORAES, 1997). Em território brasileiro foi registrada no Espírito Santo, Minas Gerais (Caratinga e Viçosa), Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (BAKER, 1976; MORAES, 1997). Na MP, ocorre em diversas trilhas e em parte da estrada principal de acesso, quase sempre em locais sombreados a parcialmente sombreados, embora seja observada em áreas de clareiras.

O material testemunho de *A. brasilianum* foi depositado no Herbário VIC do Departamento de Biologia Vegetal da UFV (no. 29.191).

### **1.2.3. História de vida, fenologia reprodutiva e dinâmica de abertura das flores nos capítulos**

Em fevereiro de 2005, foram observadas sementes de *A. brasilianum* iniciando a germinação em pequenas clareiras e nas bordas das trilhas, principalmente, próximo de plantas adultas. Em julho de 2005, 50 indivíduos, com até dois pares de folhas, foram marcados, com estacas de madeira enumeradas, e acompanhados até a morte. Neles foram avaliadas a presença e a ausência de: botões florais, flores abertas, diásporos em dispersão, herbivoria (folhas ou flores danificadas por insetos) e indivíduos mortos (plantas completamente secas), seguindo a metodologia de MORELLATO & LEITÃO-FILHO (1996). Exemplares dos herbívoros observados sobre as plantas foram coletados, montados e posteriormente identificados em nível específico.

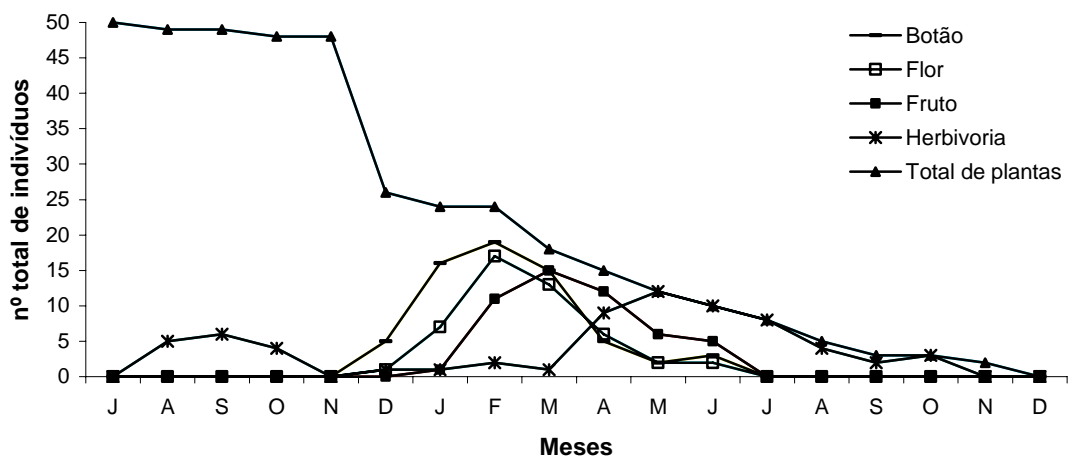
As observações foram mensais, durante a fase vegetativa, e semanais, após o início da formação das inflorescências. Foi considerado o pico de cada avaliação, quando 51% ou mais dos indivíduos apresentavam as características registradas.

Durante a fase reprodutiva, foram marcados 140 capítulos, todos em fase de botão floral, 70 em indivíduos cultivados no HB e os outros 70 em indivíduos da MP. Estes foram acompanhados diariamente, a partir do dia de antese das primeiras flores até a dispersão dos diásporos, caracterizando dessa forma a longevidade dos capítulos, a dinâmica de abertura das flores nos capítulos e as alterações sofridas pelo capítulo para que ocorra a dispersão dos diásporos. O número de flores por capítulo, nas duas áreas, foi testado estatisticamente através da análise de ANOVA e, para isso, os pressupostos foram observados e cumpridos conforme ZAR (1999).

### 1.3. RESULTADOS

O ciclo de vida dos 50 indivíduos acompanhados encontra-se na figura 2. De fevereiro a outubro de 2005, ou seja, por nove meses e principalmente durante a estação seca (Fig. 1), as pequenas plantas (com dois pares de folhas definitivas) cresceram pouco. Nesse período foi registrada a herbivoria em folhas, principalmente entre agosto e outubro (Fig. 2). Os herbívoros observados foram três espécies de besouros fitófagos, *Agathomerus signatus* Klug, *Elytrophoera xarthopyga* Stall e *Homophoeta octoguttata* (Fabr.), todos da família Chrysomelidae.

Entre novembro e dezembro de 2005, com as chuvas (Fig. 1), 44% dos indivíduos morreram (Fig. 2). As causas das mortes foram o soterramento, a queda de galhos e troncos sobre elas, durante as fortes chuvas de verão, e o pisoteio por animais ou mesmo por pessoas, uma vez que muitos indivíduos marcados cresciam em trilhas existentes na mata.



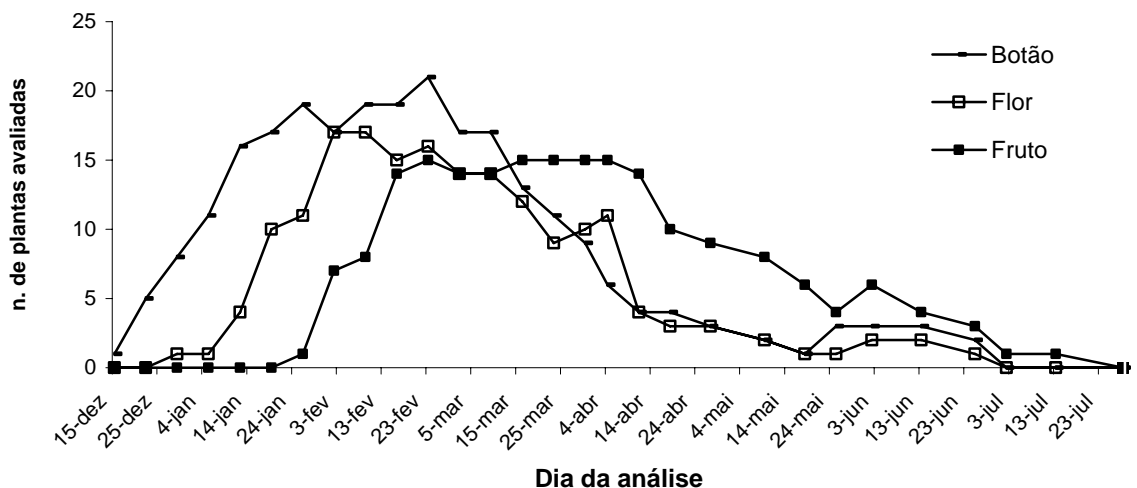
**Figura 2.** Ciclo de vida de 50 indivíduos de *Adenostemma brasilianum*, em população natural na Mata do Paraíso, no período de julho de 2005 a dezembro de 2006. O número de plantas avaliadas corresponde ao valor inicial de 50 indivíduos, subtraído do total de plantas mortas em cada análise.

Houve um rápido desenvolvimento dos indivíduos sobreviventes, em novembro e dezembro, coincidindo com os aumentos de precipitação e de temperatura (Fig. 1). Em dezembro, iniciou-se a fase reprodutiva, caracterizada pelo surgimento de botões florais e de flores abertas; o pico ocorreu em fevereiro de 2006, estendendo-se até julho (Fig. 2). A partir de janeiro de 2006, além das flores, foram observados frutos em dispersão; o pico de dispersão dos diásporos ocorreu em março, estendendo-se até julho (Fig. 2). A partir de dezembro de 2005 a mortalidade dos indivíduos

remanescentes foi contínua e gradual, com todos eles mortos em dezembro de 2006 (Fig. 2).

Entre abril e julho de 2006, final do período reprodutivo, ocorreu um novo e mais intenso pico de herbivoria (Fig. 2). Durante esse período, os mesmos herbívoros mencionados anteriormente foram observados se alimentando, além das folhas, de botões florais, flores e frutos em desenvolvimento. Os indivíduos, nos quais a fase reprodutiva havia finalizado, apresentavam as lâminas foliares completamente devoradas pelos herbívoros, restando apenas o caule e os pecíolos foliares. Os besouros foram observados se alimentando de *A. brasilianum* ao longo de todo o período de avaliação.

Os registros semanais das fenofases reprodutivas encontram-se na figura 3. Os picos de produção de botões florais, flores e frutos em dispersão foram sequenciais, respectivamente em janeiro, fevereiro e março; entretanto, houve ampla sobreposição desses eventos reprodutivos (Fig. 3).



**Figura 3.** Fenologia reprodutiva de *Adenostemma brasilianum*, na Mata do Paraíso. Acompanhamento semanal, realizado entre dezembro de 2005 e julho de 2006.

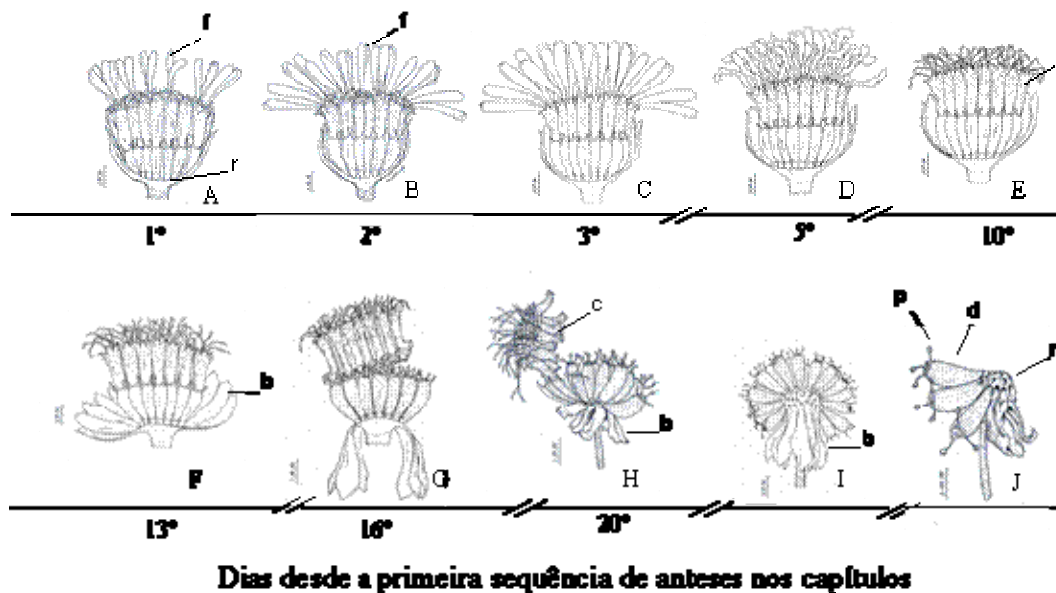
A figura 4 ilustra algumas sucessivas etapas atravessadas pelos capítulos, desde o primeiro dia no qual ocorreu a abertura das primeiras flores (Fig. 4A), até o final da dispersão dos diásporos (Fig. 4J). A seqüência de abertura das flores é centrípeta (Fig. 4A, C); nos dois primeiros dias verificaram-se os maiores números de flores abertas por capítulo (Tab. 2), que correspondem em média, a 30 e 44% respectivamente, do total de flores de um capítulo. No terceiro dia, 92% dos capítulos analisados apresentavam flores em antese (Tab. 2). No quarto dia, apenas 14% dos capítulos abriram flores, as quais correspondem, em média, aos 8% de

flores remanescentes nos capítulos. De acordo com os resultados da análise de variância, foi possível afirmar que o número médio de flores por capítulos diferiu entre os indivíduos das áreas de estudo ( $p= 0,000288$ ), no HB foram registradas  $37\pm 9$  flores e na MP,  $32\pm 7$ .

**Tabela 2.** Número médio, desvio padrão (DP) e porcentagem de flores de *A. brasilianum* que se abrem a cada dia e porcentagem de capítulos com flores em antese.

Dias	Flores abertas/ (n.)	DP	Flores abertas/capítulo (%)	Capítulos com flores abertas (%)
1 <sup>o</sup>	11	7	30	100
2 <sup>o</sup>	16	7	44	100
3 <sup>o</sup>	7	4	18	92
4 <sup>o</sup>	3	2	8	14

Após a polinização, que ocorre provavelmente entre o 1<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> dias do capítulo, as flores sofrem intenso processo de senescência, que culmina na carbonização e maturação dos frutos (Fig. 4 A-H). Passados em média 13 dias da abertura das primeiras flores do capítulo, as glândulas dos papilhos já se apresentam viscosas e os diásporos começam a ser expostos, visto que as brácteas involucrais começam a se tornarem reflexas.



**Figura 4.** Capítulos de *Adenostemma brasilianum*, em diferentes estádios de desenvolvimento, desde a antese das primeiras flores (A) até a dispersão dos diásporos (J): A- com a primeira seqüência de flores abertas (f), sobre o receptáculo (r), primeiro dia; B e C- com a segunda e terceira seqüências de flores em antese, segundo e terceiro dias; D-G- processo de frutificação; D-H- com flores senescentes (c), com corola, androceu e estilete secos, sobre frutos imaturos; H-J- com diásporos (d) e brácteas involucrais (b) reflexas; J- com frutos e papilhos (p), em fase final de dispersão.

No 20º dia dos capítulos, as brácteas involucrias apresentam-se completamente reflexas e, com o aumento da desidratação dos tecidos, o receptáculo torna-se convexo. Isso faz com que os frutos se distanciem e alterem sua posição (Fig. 4 F-J), os quais em um momento inicial se dispunham verticalmente e agora, completamente maduros, estão dispostos quase que horizontalmente (Fig. 4 A-H), gerando a queda das estruturas florais (corola, androceu e estilete) (Fig. 4 H). Após este momento, os diásporos tornam-se completamente expostos e podem ser dispersos com o auxílio do papilho glandulífero (Fig. 4 H-J), que se encontra extremamente viscoso.

#### 1.4. DISCUSSÃO

*Adenostemma brasilianum* é uma espécie de ciclo anual, tal como descrito por MORAES (1997), e monocárpica, características registradas em outras asteráceas herbáceas (KING & ROBINSON, 1987; BREMER, 1994, KARAM *et al.*, 2002). Entretanto, indivíduos foram observados em floração por dois anos, em ambas as áreas de estudo, indicando que a espécie pode apresentar ciclo bienal.

Plântulas foram muito comuns no campo, e, com base neste resultado, foi possível afirmar que *A. brasilianum* forma banco plântulas (*sensu* UHL & MURPHEY, 1981; LOPES *et al.*, 2006). O banco de plântulas é considerado fundamental na regeneração florestal (ARAUJO *et al.*, 2004) e representa uma característica adaptativa importante para algumas espécies, cujas sementes germinam prontamente ao encontrarem condições ambientais favoráveis. As plântulas se mantêm, no campo, muitas vezes com desenvolvimento lento, até que sejam estimuladas a retomarem o crescimento (KARAM *et al.*, 2002), tal como observado em *A. brasilianum*, cujo período de persistência foi de aproximadamente nove meses (fevereiro a outubro), caracterizando um banco de plântulas latente. O mesmo foi observado por MORAES & PAOLI (1999) em três espécies de Lauraceae. Em outras asteráceas têm sido registrados bancos de sementes (KARAM *et al.*, 2002; ARAUJO *et al.*, 2004); entretanto, considerando que a germinação de muitas espécies da família é rápida e abundante (GRIME *et al.*, 1981), o banco de plântulas pode ser um fenômeno comum entre elas.

O crescimento acelerado de *A. brasilianum*, em dois meses (novembro e dezembro), passando da fase vegetativa para a reprodutiva, parece estar diretamente



relacionado às mudanças climáticas, como por exemplo, os aumentos da temperatura e da pluviosidade. Segundo MORELLATO (1992), estas mudanças geram uma aceleração na decomposição da serrapilheira, disponibilizando maior quantidade de nutrientes para a vegetação, incrementando sua atividade vegetativa e reprodutiva.

O padrão de sobrevivência encontrado em *A. brasilianum*, representado pela alta mortalidade em estádios juvenis, assemelha-se ao de outras espécies, independente do hábito (VAN-VALEN, 1975; OYAMA, 1990; PIÑERO *et al.*, 1984; SILVA-MATOS, 1995). As causas de morte nesses estádios estão, muitas vezes, relacionadas à elevada fragilidade das plântulas e às questões ambientais e biológicas (CLARK & CLARK 1991; REIS, 1995), tais como, competição intra-específica, ação de herbívoros, desnutrição, ação de patógenos, danos físicos e, inclusive, ao pequeno tamanho e profundidade das raízes, que gera menor resistência ao déficit hídrico (COOK, 1979; MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992; SPINA *et al.*, 2001). Em *A. brasilianum* a ação de herbívoros e os danos físicos foram fatores facilmente reconhecidos como causadores das mortes. Entretanto, estudos posteriores devem avaliar melhor a sua influência como fonte de seqüelas e mortalidade em *A. brasilianum* e a importância na determinação da estrutura da sua população.

A intensificação de ataque de herbívoros no final do ciclo reprodutivo de *A. brasilianum* pode estar relacionada a diversos fatores, entre eles: 1º- Paralisação ou redução da síntese de alcalóides pirrolidizínicos; esta variação de toxicidade nos vegetais pode estar relacionada ao seu estado fenológico, tal como verificado em *Sorghum* spp. (Poaceae), que perdem toda sua toxicidade após a floração (MELO, 2006). Esses alcalóides são tóxicos e apresentam diversas atividades biológicas, entre elas a proteção das plantas contra herbívoros e patógenos (CRONQUIST, 1981; BOPPRÉ, 1990; MATZEMBACHER, 1998); 2º- Com o término da fase reprodutiva, haveria redução da biomassa dos indivíduos, além da qualidade e da diversidade de recursos disponíveis aos herbívoros, fenômeno que, conforme ARAÚJO *et al.* (1995), é comum em plantas herbáceas. Desse modo, restaria aos coleópteros se alimentarem exclusivamente das partes vegetativas de *A. brasilianum*, haveria, portanto, uma sobrecarga da herbivoria sobre as partes vegetativas da planta. Entretanto, pesquisas específicas, devem ser desenvolvidas, na intenção de se confirmar ou descartar estas hipóteses.

O besouro *Homophoeta octoguttata* é fitófago (GARAY & DIAS, 2001) e foi observado se alimentando de *A. brasilianum* em todas as fenofases, é aposemático (DEL-CLARO & VASCOCELLOS-NETO, 1992), ou seja, quando ingerido por seus predadores causa mal-estar, inquietação e vômito (DEL-CLARO, 1991). Essas reações são causadas por substâncias tóxicas, derivadas de sua planta hospedeira (DEL-CLARO & VASCOCELLOS-NETO, 1992). A toxicidade adquirida por eles ao se alimentarem de *A. brasilianum* deve vir dos alcalóides pirrolidizínicos. Porém, são necessários estudos posteriores, que visem esclarecer essa questão e especialmente verificar se os demais coleópteros também utilizam *A. brasilianum* como fonte deste composto, e sua importância na proteção contra seus predadores.

Os resultados obtidos sobre a fenologia reprodutiva de *A. brasilianum* ampliam o conhecimento sobre a flora herbácea brasileira, pois são poucos os estudos fenológicos que contemplam espécies do estrato herbáceo-subarbustivo (MUNHOZ & FELFILI, 2005). Os eventos reprodutivos ocorrem de forma mais rápida e intensa que os vegetativos (KARAM *et al.*, 2002) e, por isso, devem ser acompanhados com maior frequência, tal como realizado no presente estudo.

A floração de *A. brasilianum*, estendendo-se de dezembro a junho, foi semelhante ao observado por FERREIRA (2006), que acompanhou a fenologia reprodutiva de 61 espécies de Asteraceae na MP. Porém, esses resultados diferem dos de MORAES (1997), que registrou flores em *A. brasilainum* entre novembro e abril, na planície de Picinguaba, Estado de São Paulo. Esta pequena diferença deve estar relacionada às variações climáticas e ambientais das áreas de estudo (*cf.* FRANKIE *et al.*, 1974; SPINA *et al.*, 2001; KARAM *et al.*, 2002; ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005). Nos estudos mencionados, a floração ocorreu, principalmente, na estação chuvosa, período comum de floração de espécies herbáceas (FRANKIE *et al.*, 1974; JANZEN, 1980; SPINA *et al.*, 2001) e arbóreas (MORELLATO *et al.*, 1989), de regiões tropicais. A floração nessa estação é interpretada como uma estratégia das espécies, cujo sistema subterrâneo é reduzido ou superficial e que, por isso, podem sofrer restrições hídricas, as quais parecem afetar consideravelmente a fenologia reprodutiva (MANTOVANI & MARTINS, 1988; BATALHA *et al.*, 1997; BATALHA & MANTOVANI, 2000).

Além dos fatores bióticos, tais como, polinizadores, dispersores e predadores de sementes e frutos (FRANKIE *et al.*, 1974), os fatores abióticos entre eles as condições climáticas, podem interferir na fenodinâmica dos vegetais (FRANKIE *et*

*al.*, 1974). Para BORCHERT (1983), os padrões temporais de floração e de frutificação são resultados da coevolução planta-animal, da qualidade e da quantidade do recurso oferecido pela planta, fatores estes que induzem a competição e podem gerar a segregação dos períodos e picos das fenofases reprodutivas (FRANKIE *et al.*, 1974). TRIGO *et al.* (1996) comentaram que algumas espécies de Ithomiinae coocorrem com a floração de *Senecio* spp. e é possível que o mesmo seja verdadeiro para *A. brasilianum*, visto que, seus polinizadores são especialmente lepidópteros, os quais buscam alcalóide pirrolidizínico no néctar floral (BROWN Jr. & TRIGO, 1995), que são utilizados como precursores na síntese de feromônios e também na proteção contra predadores, por conferirem impalatabilidade (BROWN Jr. & TRIGO, 1995; HARTMANN & WITTE, 1995; HARTMANN, 1999; TRIGO, 2000).

*A. brasilianum* é uma das poucas Asteraceae típicas de interior de mata e regiões sombreadas (KING & ROBINSON, 1987) e com dispersão zoocórica (MORAES, 1997; FERREIRA, 2006). MORELLATO & LEITÃO-FILHO (1992) observaram que as espécies zoocóricas, da Serra do Japi, distribuem-se, principalmente, nos estratos inferiores da floresta, predominando no sub-bosque, local com intensa atividade de animais, os possíveis dispersores; essas observações são válidas para *A. brasilianum*. A presença do papilho glandulífero e o pequeno tamanho dos seus diásporos (cerca de 2,5 mm) contribuem com a eficiência do processo de dispersão (*cf.* YAPP, 1906), por serem leve, fixam-se facilmente e são transportados sem que sejam percebidos. Algumas vezes foram observados diásporos aderidos às pernas de borboletas, seus polinizadores (veja no capítulo 3). Todo esse processo de dispersão é facilitado pelas modificações observadas nos capítulos de *A. brasilianum*, durante a exposição dos diásporos. KING & ROBINSON (1987) relacionaram a distribuição pantropical de *Adenostemma* à eficiência no mecanismo de dispersão zoocórica. Na MP, a distribuição de *A. brasilianum*, ao longo das trilhas, também parece estar diretamente relacionada a seu modo de dispersão, visto que deve ser consequência da dispersão por animais que transitam pelas trilhas.

O número maior de flores nos capítulos de indivíduos de *A. brasilianum* cultivados no HB parece estar relacionado às melhores condições oferecidas a eles em relação aos da MP, à semelhança do observado por KARAM *et al.*, 2002 e CERANA, 2004. Esses indivíduos foram cultivados em solo rico em matéria

orgânica, apresentaram porte mais robusto que os indivíduos da MP e não sofreram déficit hídrico. Resultados semelhantes foram obtidos em outras espécies cultivadas (ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005).

Semelhante ao observado na maioria das Asteraceae (MANI & SARAVANAN, 1999; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004; EITERER, 2005), as flores de *A. brasilianum* se abrem aos grupos e em dias consecutivos, seguindo uma seqüência centrípeta. Este comportamento facilita a xenogamia em Asteraceae, pois possibilita que as flores sejam polinizadas seqüencialmente, por diferentes polinizadores (MANI & SARAVANAN, 1999). Por outro lado, a abertura de mais que 70% das flores dos capítulos nos dois primeiros dias parece conferir maior atratividade e número de flores disponíveis à polinização (MANI & SARAVANAN, 1999).

A apresentação dos frutos de *A. brasilianum* para dispersão se mostrou um complexo mecanismo, o qual se relaciona a: desidratação dos tecidos, que gera a alteração do formato do receptáculo de côncavo para convexo, causando alteração na posição dos frutos (YAPP, 1906); as brácteas involucrais, que inicialmente exercem a função de proteção (SHELDON & BURROWS, 1973; HARRIS, 1999), e posteriormente tornaram-se reflexas, expondo os diásporos; por fim a síntese da substância viscosa nos papilhos (BARROSO *et al.*, 1991; YAPP, 1906). Todo este conjunto faz com que seus diásporos sejam facilmente dispersos (YAPP, 1906).

## 1.5. CONCLUSÕES

-*A. brasilianum* forma banco de plântulas, por cerca de nove meses, e há elevada mortalidade nos estágios juvenis, decorrente, principalmente, de danos físicos.

-É planta anual e monocárpica, floresce e frutifica na estação chuvosa e apresenta sobreposição das fenofases reprodutivas.

-Seus herbívoros são três espécies de besouros fitófagos, *Agathomerus signatus* Klug, *Elytrosphoera xarthopyga* Stall e *Homophoeta octoguttata* (Fabr.), todos da família Chrysomelidae.

-A seqüência de abertura das flores é centrípeta; nos dois primeiros dias verificam-se os maiores números de flores abertas por capítulo, que correspondem em média, a 74% do total de flores de um capítulo. No terceiro dia, 92% dos capítulos analisados apresentam todas as flores abertas.

-No 20º dia dos capítulos, as brácteas involucrais apresentam-se completamente reflexas, expondo os diásporos.

## 1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A.M.; Prado, P.I. & Lewinsohn, T.M. 2004. Geographical distribution of Eupatorieae (Asteraceae) in South-eastern and South Brazil mountain ranges. **Plant Ecology** **174**: 163-181.
- Araújo, A.M. de; Fernandes, G.W. & Bedê, L.C. 1995. Influência do sexo e fenologia de *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae) sobre insetos herbívoros. **Revista Brasileira de Entomologia** **39**: 347-353.
- Araujo, M.M.; Longhi, S.J.; Barros, P.L.C. de & Brena, D.A. 2004. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Forestalis** **66**: 128-141.
- Auguspurger, C.K. 1980. Mass-flowering of a tropical shrub (*Hybanthus prunifolius*): influence on pollinator attraction and movement. **Evolution** **34**: 475-488.
- Baker, J.G. 1976. Compositae II-Eupatorieae. *In*: Martius, C.P.V. & Eichler, A.W. Eds. **Flora Brasiliensis** **6**: 181-374.
- Bardón, A.; Montanaro, S.; Catalán, C.A.N.; Díaz, A.G. & Herz, W. 1996. Kaurenes and related diterpenes from *Adenostemma brasilianum*. **Phytochemistry** **42**: 479-484.
- Barroso, G.M.; Peixoto, A.L.; Costa, C.G.; Ichaso, C.L.F.; Guimarães, E.F. & Lima, H.C. 1991. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. v.3. Imprensa Universitária UFV, 326p.
- Batalha, M.A.; Aragaki, S. & Mantovani, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). **Acta Botânica Brasílica** **11**: 61-78.
- Batalha, M.A. & Mantovani, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparacion between herbaceous and wood floras. **Revista Brasileira de Biologia** **60**: 129-145.
- Boppré, M. 1990. Lepidoptera and alkaloids pirrolidizínicos: Exemplification of complexity in chemical ecology. **Journal of Chemical Ecology** **34**: 586-600.
- Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica** **15**: 81-89.
- Bremer, K. 1994. **Asteraceae - cladistic & classification**. Timber Press, Portland, 752p.
- Brown Jr., K.S. 1984a. Adult-obtained pyrrolidizine alkaloids defend Ithomiinae butterflies against a spider predator. **Nature** **309**: 707-709.
- Brown Jr., K.S. 1984b. Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult Ithomiinae (Lepdoptera: Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia** **44**: 435-46.
- Brown Jr., K.S. & Trigo, J.R. 1995. Ecological activities of the alkaloids. *In*: Cordell, G. (Ed.). **The Alkaloids**. Academic Press. New York, 462p.

- Castro, P.S. 1980. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água de duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG.** Tese Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 170p.
- Cerana, M.M. 2004. Flower morphology and pollination in *Mikania* (Asteraceae). **Flora** **199**: 168-177.
- Clark, D.B. & Clark, D.A. 1991. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. **Journal of Ecology** **79**: 447-457.
- Cook, R.E. 1979. Patterns of juvenile mortality and recruitment in plants. p. 206-231. *In*: Solbrig, O.T.; Jain, S.; Johnson, G.B. & Raven, P.H. (Eds.). **Topics in plant population biology**. Columbia University Press.
- Correia, G.F. 1983. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do planalto de Viçosa.** Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87p.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants.** Columbia University Press, New York, 1262p.
- Del-Claro, K. & Vasconcellos-Neto, J. 1992. Os padrões de coloração animal: Exemplos na Serra do Japi. p. 152-173. *In*: L. P. C. Morellato (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.** Editora da Unicamp, Campinas, 321p.
- Del-Claro, K. 1991. Notes on mimicry between two tropical beetles in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **7**: 407-410.
- Eiterer, M. 2005. **Estratégias reprodutivas de espécies co-ocorrentes de Mikania (Asteraceae).** Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 45p.
- Ferreira, S.C. 2006. **Asteraceae Martinov. em um fragmento florestal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Florística e aspectos reprodutivos.** Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 144p.
- Frankie, G.W.; Baker, H.G. & Opler, P.A. 1974. Tropical plant phenology: applications for studies in community Ecology. P. 248-296. *In*: Lieth, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling.** Springer-Verlag, New York, 444p.
- Fuornier, L.A. 1976. El dendrofenograma, una representacion gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. **Turrialba** **26**: 96-97.
- Garay, I. & Dias, B. 2001. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais.** Ed. Vozes, Petrópolis. 430p.
- Grime, J.P.; Manson, G.; Curtis, A.V.; Rodman, J.; Band, S.R.; Mowforth, M.A.G.; Neal, A.M.; & Shaw, S. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. **Journal of Ecology** **69**: 1017-1059.
- Grombone-Guaratini, M.T.; Solferini, V.N. & Semir, J. 2004. Biology reproductive in species of the *Bidens* L. (Asteraceae). **Science Agriculture** **61**: 185-189.
- Gross, R.S. & Werner, P.A. 1983. Relationships among flowering phenology, insect visitors and seed-set of individuals: experimental studies on four co-occurring species of goldenrod (Solidago: Compositae). **Ecological Monographs** **53**: 95-117.

- Harris, E.M. 1999. Capitula in the Asteridae: A widespread and varied phenomenon. **Botanical Review** **65**: 348-369.
- Hartmann, T. 1999. Chemical ecology of pyrrolidine alkaloids. **Planta** **207**: 488-495.
- Hartmann, T. & Witte, L. 1995. Chemistry, biology and chemoecology of the pyrrolizidine alkaloids. In: (Ed.). **Alkaloids – Chemical and Biological Perspectives**. Pergamon Press. Oxford. 155-233p.
- Janzen, D.H. 1980. **Ecologia vegetal nos trópicos**. Vol. 7. Ed. EDUSP, São Paulo. 79p.
- Karam, F.S.C.; Méndez, M.C.; Jarenkow, J.A. & Riet-Correa, F. 2002. Fenologia de quatro espécies tóxicas de *Senecio* (Asteraceae) na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira** **22**: 33-39.
- King, R.M. & Robinson H. 1987. The genera of the Eupatorieae (Asteraceae). **Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden** **22**: 1-63.
- Ladeira, A.M.; Zaidan, L.B.P. & Figueredo-Ribeiro, R.C. 1987. *Ageratum conyzoides* L. (Compositae): Germinação, floração e ocorrência de derivados fenólicos em diferentes estágios de desenvolvimento. **Hoehnea** **14**: 53-62.
- Leal-Filho, N. 1992. **Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma vegetação na Zona da Mata de Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, UFV, 116p.
- Lopes, K.P; Souza, V.C.; Andrade, L.A.; Dornelas, G.V. & Bruno, R.L.A. 2006. Estudo do banco de sementes em povoamentos florestais puros e em uma capoeira de Floresta Ombrófila Aberta, no município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** **20**: 105-113.
- Machado, I.C.S.; Barros, L.M. & Sampaio, E.V.S.B. 1997. Phenology of caatinga species in Serra Trilhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica** **29**: 57-68.
- Maluf, A.M. & Wizenier, B. 1998. Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica** **21**: 247-257.
- Mani, M.S. & Saravanan, J.M. 1999. **Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. Science Publishers, New Hampshire, 166p.
- Mantovani, W. & Martins, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies de cerrado da Reserva Biológica de Miji Guaçu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** **11**: 101-112.
- Matzembacher, N.I. 1998. **O complexo Senecionioide (Asteraceae- Senecioneae) no Rio Grande do Sul- Brasil**. Tese Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 274p.
- Melo, M.M. 2006. Plantas tóxicas para os animais domésticos. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia** **49**: 1-3.
- Moraes, M.D. 1997. **A família Asteraceae na planície Litorânea de Picinguaba município de Ubatuba-SP**. Tese Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154p.

- Moraes, P.L. & Paoli, A.A.S. 1999. Morfologia e estabelecimento de plântulas de *Cryptocarya moschata* Nees, *Ocotea catharinensis* Mez e *Endlicheria paniculata* (Spreng.) MacBride - Lauraceae. **Revista Brasileira de Botânica** **22**: 287-295.
- Morellato, L.P.C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. p.86-111. *In*: L. P. C. Morellato (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Editora da Unicamp, Campinas, 321p.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. Pp. 112- 140. *In*: Morellato, L. P. C. (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Editora da Unicamp, Campinas, 321p.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1996. Reproductive phenology of climbers in Southeastern Brazilian forest. **Biotropica** **28**: 180-191.
- Morellato, L.P.C.; Rodrigues, R.R.; Leitão-Filho, H.F. & Joly, C.A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas da floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** **12**: 85-98.
- Munhoz, C.B.R & Felfili, J.M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** **19**: 979-988.
- Newstrom, L.E.; Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** **26**: 141-159.
- Oliveira-Junior, J.C. & Dias, H.C.T. 2005. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore** **29**: 9-15.
- Oyama, K. 1990. Variation in growth and reproduction in the neotropical dioecious palm *Chamaedorea tepejilote*. **Journal of Ecology** **78**:648-663.
- Piñero, D.; Martínez-Ramos, M. & Sarukhán, J.A. 1984. Population model of *Astrocaryum mexicanum* and a sensitivity analysis of its finite rate of increase. **Journal of Ecology** **72**: 977-991.
- Pruski, J.F. & Sancho, G. 2004. Asteraceae. *In*: N. Smith et al. (eds.) **Flowering plants systematics**. Harper & Row, New York, 891p.
- Reis, A. 1995. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius - (Palmae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana da encosta atlântica em Blumenau, SC**. Tese Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154 p.
- Rizzini, C.T. 1992. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Âmbito Cultural, São Paulo. 189p.
- Romanoviski, Z. 2001, **Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 84p.
- Romero, G.Q. & Vasconcellos-Neto, J. 2005. Flowering phenology, seed set and orthopod guilds in *Trichogoniopsis adenantha* (DC) (Asteraceae) in south-east Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 171-178.



- Sheldon, J.C. & Burrows, F.M. 1973. The dispersal effectiveness of the achene-pappus units of selected compositae in steady winds with convection. **New Phytologist** **72**: 665-675.
- Silva-Matos, D.M. 1995. **Population Ecology of Euterpe edulis Mart. (Palmae)**. 1995. Tese Doutorado, University of East Anglia Norwich Norfolk, England, 187 p.
- Spina, A.P.; Ferreira, W.M. e Leitão Filho, H.F. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). **Acta Botânica Brasílica** **15**: 349-368.
- Trigo, J.R. 2000. The chemistry of antipredator defense by secondary compounds in neotropical lepidoptera: Facts, perspectives and caveats. **Journal Brazilian of Chemical Society** **11**: 551-561.
- Trigo, J.R.; Brown JR, K.S.; Henriques S.A. & Barata, L.E. S. 1996. Qualitative patterns of pyrrolidizine alkaloids in Ithomiinae butterflies. **Biochemical Systematic and Ecology** **24**: 181-188.
- Uhl, C. & Murpey, P.G. 1981. Composition, structure, and regeneration of a tierra firme forest in the knazon basin of Venezuela. **Tropical Ecology** **22**: 219-37.
- van der Pijl, L. 1982. **Principes of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, New York, 291p.
- Van-Valen, L. 1975. Life, death and energy of a tree. **Biotropica** **7**: 260-269.
- Veloso, H.P.; Rangel-Filho, A.L. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 584p.
- Weiser, V.L. & Godoy, S.A.P. de. 2001. Florística em um hectare de cerrado *Stricto sensu* na APA- Cerrado Fé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta Botânica Brasílica** **15**: 201-212.
- Yapp, R.H. 1906. Fruit-dispersal in *Adenostemma viscosum*. **Annals of Botany** **20**: 311-316.
- Zar, J.H. 1999. **Bioestatistical analysis**. 4.ed. Prentice Hall International Editions, New Jersey, 663p.

## Capítulo 2

### **Biologia floral e sistema reprodutivo de *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Eupatorieae, Asteraceae)**

#### **RESUMO**

O objetivo foi estudar a biologia floral e o sistema reprodutivo de *A. brasilianum*. Testou-se, também, a eficiência de dois materiais, musselina e failete, no isolamento dos capítulos. O trabalho foi conduzido em indivíduos de população natural, em Floresta Atlântica, na reserva Mata do Paraíso (MP), e em indivíduos cultivados no Horto Botânico da UFV (HB), a partir de sementes da MP, ambas as áreas localizadas no município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W), Zona da Mata mineira. Para os estudos da biologia floral, flores foram acompanhadas desde a pré-antese até a senescência, registrando-se sua longevidade, a duração das fases masculina e feminina e o processo de apresentação secundária de pólen (ASP). Para a localização dos osmóforos e das linhas estigmáticas utilizou-se solução de vermelho neutro e para a viabilidade polínica, o carmim acético. Os testes de sistema reprodutivo, realizados no HB, foram: autopolinização espontânea; agamospermia, autopolinização manual, polinização cruzada e polinização aberta; esse último tratamento foi realizado em ambas as áreas. Os capítulos foram ensacados com failete, exceto na polinização aberta. Para verificar a eficiência dos materiais, outros capítulos foram isolados com musselina ou failete e neles realizaram-se os três primeiros testes citados anteriormente. Foram identificadas duas fases nas flores, a masculina, na qual ocorreu a liberação e posterior apresentação do pólen, devido ao crescimento do estilete, e a fase feminina, caracterizada pela exposição das linhas estigmáticas. A antese das flores é matutina ( $\pm 6:30h$ ) e a deiscência das anteras ocorreu por volta das 6:00h, ou seja, há protandria. O processo de ASP se estendeu até às 9:00h, quando se inicia a fase feminina. Esta fase é longa e durou  $3 \pm 1$  dias. O odor foi imperceptível, mas o vermelho neutro localizou osmóforos nas partes externas das flores, indicando uma sinalização, por meio de odores, aos polinizadores. O pólen apresentou alta viabilidade, em média, 96%. *A. brasilianum* é autocompatível e a frutificação foi nula no teste de agamospermia. Na polinização cruzada e aberta obtiveram-se frutificações superiores a 70%, contra 14 e 36% nas autopolinizações, demonstrando que os polinizadores exercem um importante papel na sua reprodução. O failete mostrou-se mais eficiente no isolamento dos capítulos, prevenindo a ação dos polinizadores; foi também fundamental para a obtenção de resultados confiáveis sobre o sistema reprodutivo. O uso de material inadequado permitiu a formação de frutos no teste de agamospermia; nesse teste, obteve-se alta frutificação em capítulos isolados pelo musselina e frutificação nula, nos isolados com failete, demonstrando a importância da escolha do material correto para evitar o acesso dos visitantes às flores.

#### **2.1. INTRODUÇÃO**

O capítulo é uma das principais características das espécies de Asteraceae e essa inflorescência funciona como uma única flor, um pseudanto (MANI & SARAVANAN, 1999). A protandria e a apresentação secundária de pólen (ASP) também são características universais dentro da família (JONES, 1976; PROCTOR &

YEO, 1978; CRONQUIST, 1981; BARROSO *et al.*, 1991; HOWELL *et al.*, 1993; PRUSKI & SANCHO, 2004). A protandria consiste da deiscência das anteras, com a flor ainda em botão (flor em pré-antese), e liberação dos grãos de pólen no interior do tubo anteral. Os ramos dos estiletos, ainda justapostos, crescem e passam pelo tubo anteral, arrastando os grãos de pólen para o exterior da flor, expondo-os aos polinizadores, caracterizando a ASP (DEVLIN & STEPHENSON, 1985; HOWELL *et al.*, 1993, YEO, 1993). Nessa ocasião, a flor encontra-se na fase masculina. Posteriormente, na fase feminina, os ramos afastam-se e expõem as áreas estigmáticas (JONES, 1976; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004; EITERER, 2005). A dicogamia, separação temporal entre as fases masculina e feminina das flores pode gerar conseqüências reprodutivas positivas, visto que favorece a polinização cruzada (MANI & SARAVANAN, 1999).

Há grande diversidade de mecanismos reprodutivos em Asteraceae, mas a auto-incompatibilidade é a mais freqüente (HEINRICH & RAVEN, 1972; PROCTOR & YEO, 1978; LEWIS, 1979; SAZIMA & MACHADO, 1983; REINARTZ & LES, 1994; ROITMAN, 1995; RICHARDS, 1997). Contudo, a autocompatibilidade (ABBOT & IRWIN, 1998; SUN & GANDERS, 1990; REINARTZ & LES, 1994; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004) e a agamospermia (PROCTOR & YEO, 1978; RICHARDS, 1997; WERPACHOWSKI *et al.*, 2004) também são comuns. São raros os casos de pseudo-auto-incompatibilidade (BERRY & CALVO, 1989).

*Adenostemma* é pantropical, possui 24 espécies, todas herbáceas (KING & ROBINSON, 1987; BREMER, 1994), caracterizadas pelo papilho modificado em 3-5 cerdas glandulíferas (BARROSO *et al.*, 1991). No Brasil, são encontradas cinco espécies (KING & ROBINSON, 1987), dentre elas *A. brasilianum*, que tem sido referida em pesquisas relacionadas à ecologia química, síntese de metabólitos secundários, dispersão de diásporos e levantamentos florísticos (YAPP, 1906; BROWN Jr., 1984a, b; BARDÓN *et al.*, 1996; MORAES, 1997; SPINA *et al.*, 2001; ALMEIDA *et al.*, 2004; FERREIRA, 2006). Inexistem estudos relacionados à sua morfologia, biologia floral e sistema reprodutivo. Dessa forma, objetivou-se analisar esses aspectos, incluindo testes para verificar a eficiência de dois materiais, musselina e failete, no isolamento de capítulos, visando à obtenção de resultados confiáveis sobre o mecanismo reprodutivo da espécie.

## **2.2.METODOLOGIA**

### **2.2.1. Área de trabalho**

A pesquisa foi realizada entre março de 2005 e dezembro de 2006, em duas áreas, ambas na região sudeste do Brasil, que se localizam dentro dos limites do município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, cujo clima, segundo classificação de Köppen, é definido como Cwa, subtropical com chuvas de verão.

A primeira área corresponde ao maior fragmento florestal desse município, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), denominada Estação Experimental de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPETEAMP) ou popularmente conhecida por Mata do Paraíso (MP), como será aqui referida. Sua vegetação nativa foi definida, por VELOSO *et al.* (1991) como Floresta Estacional Semidecidual, em parte caducifólia, que, segundo RIZZINI (1992), faz parte dos domínios da Floresta Atlântica. Abrange, aproximadamente, 195 ha, com altitudes que variam de 720 a 880 m (LEAL-FILHO, 1992) e apresenta relevo ondulado e montanhoso (CORREIA, 1983). No século XIX, a MP foi desmatada, tendo ocorrido intensa retirada de madeira.

A segunda área é o Horto Botânico (HB) do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, onde foram cultivados indivíduos de *A. brasilianum*, a partir de sementes oriundas da MP. Esses indivíduos foram utilizados para estudos complementares sobre a morfologia, a biologia floral e o sistema reprodutivo.

### **2.2.2. Espécie estudada**

*Adenostemma brasilianum* é anual e mede entre 0,3 cm a 1 m de altura (MORAES, 1997). Os capítulos têm numerosas flores perfeitas, de corola tubulosa e branca. Cada ramo do estilete apresenta um longo apêndice claviforme branco e, abaixo desse apêndice, duas linhas estigmáticas (KING & ROBINSON, 1987; BREMER, 1994; MORAES, 1997). O fruto, cipsela (BREMER, 1994), é obovóide, carbonizado e possui papilho com duas ou três cerdas rijas e glandulíferas (BARROSO *et al.*, 1991), que auxiliam na dispersão zoocórica.

A espécie ocorre em regiões de baixas altitudes, sempre em interior ou borda de mata (sob sombra parcial), em locais úmidos (KING & ROBINSON, 1987; MORAES, 1997) ou até mesmo alagado (MORAES, 1997). Foi registrada em todo o sudeste brasileiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (BAKER, 1976; MORAES, 1997). Na MP, ocorre em diversas trilhas e em parte da estrada principal de acesso.

O material testemunho, coletado na MP, encontra-se depositado no Herbário VIC do Departamento de Biologia Vegetal da UFV (no. 29.191).

### 2.2.3. Morfologia e biologia floral

As observações da morfologia foram realizadas com auxílio de estereomicroscópio, em dias consecutivos, desde a flor em pré-antese até a sua senescência. Foram registrados a longevidade floral, a duração das fases masculina e feminina e o processo de ASP. Para definir a receptividade das linhas estigmáticas, utilizou-se o teste com peróxido de hidrogênio (DAFNI *et al.*, 2005).

A localização dos osmóforos e das linhas estigmáticas foi feita com solução de vermelho neutro (DAFNI *et al.*, 2005). Para tanto, flores foram imersas na solução e observadas após uma hora. Dada à impossibilidade de quantificar e visualizar o néctar secretado, a atividade do nectário foi avaliada pela sua aparência: se brilhosa, úmida e de coloração branca, havia secreção do néctar; se fosca e de coloração alterada, não havia mais secreção.

A viabilidade polínica foi testada utilizando-se carmim acético (RADFORD *et al.*, 1974). Para tanto, cinco flores de cinco indivíduos foram coletadas, aleatoriamente, na MP, em 2005 e em 2006, totalizando 50 flores. As flores foram estocadas em etanol 70%; as de 2005 permaneceram estocadas por 18 meses, e as de 2006 por cerca de seis meses, até que se procedessem as análises. De cada flor foram contados 300 grãos, os resultados foram comparados pelo Teste t a 0,005% conforme ZAR (1999).

### 2.2.4. Sistema reprodutivo

#### 2.2.4.1. Testes de polinização

Os testes de polinização foram realizados utilizando-se capítulos como unidade amostral, seguindo a metodologia sugerida por DAFNI *et al.* (2005). Foram realizados os seguintes testes: **Autopolinização espontânea** – capítulos foram ensacados e permaneceram assim até a frutificação ou queda das flores; **Autopolinização manual** – capítulos foram ensacados e, na ocasião da antese, fez-se a polinização com grãos de pólen de flores da mesma planta; **Agamospermia** – capítulos foram decapitados (*sensu* RICHARDS, 1997), utilizando-se lâmina de barbear e lupa; **Polinização aberta** – capítulos, de indivíduos da MP e do HB, foram marcados e deixados expostos à ação dos polinizadores; e **Polinização cruzada** –

dada à dificuldade em emasculas as flores, capítulos receberam, por ocasião da abertura das flores, grãos de pólen adicionais de flores de outros indivíduos. Todos os capítulos, após os testes, foram mantidos ensacados com failete, até a frutificação, exceto os da polinização aberta. Estes foram ensacados após a antese de todas as flores, e assim permaneceram até a frutificação. A porcentagem de frutificação foi calculada considerando-se o número total de flores por capítulo e o número de frutos perfeitos (com pericarpo carbonizado e embrião, veja capítulo 4). Todos os tratamentos foram realizados em plantas cultivadas no HB, exceto o teste de polinização aberta. Os resultados foram comparados pelo Teste t a 0,005% (ZAR, 1999).

#### **2.2.4.2. Eficiência dos materiais utilizados para o isolamento dos capítulos**

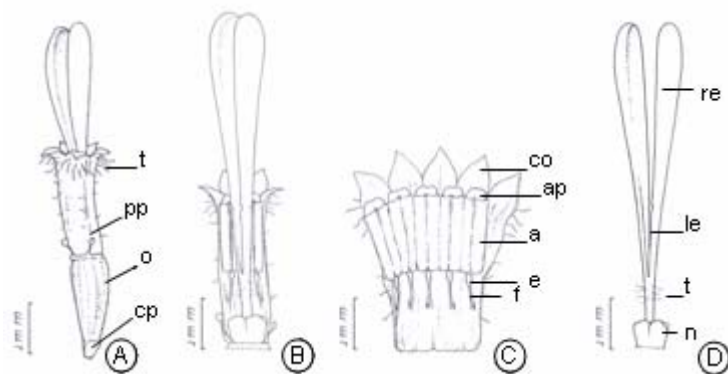
Para isolar os capítulos foram utilizados os materiais musselina (com poros) e failete (sem poros) e realizados os seguintes testes: **Autopolinização espontânea** – capítulos foram ensacados com musselina e outros com failete e permaneceram assim até a frutificação; **Autopolinização manual** – capítulos foram ensacados com musselina e outros com failete e, na ocasião da antese, fez-se a polinização com grãos de pólen de flores da mesma planta; e **Agamospermia** – capítulos foram decapitados (*sensu* RICHARDS, 1997), utilizando-se lâmina de barbear, com e sem auxílio de lupa; sem a lupa, os capítulos foram isolados com os dois tipos de materiais e com a lupa, apenas com o failete. A porcentagem de frutificação foi calculada considerando-se o número total de flores por capítulo e o número de frutos perfeitos (com pericarpo carbonizado e embrião, veja capítulo 4). Todos os tratamentos foram realizados em plantas cultivadas no HB. Os resultados foram comparados pelo teste Qui-quadrado (ZAR, 1999).

### **2.3.RESULTADOS**

#### **2.3.1. Morfologia floral e ASP**

A figura 5 mostra aspectos morfológicos das flores de *A. brasilianum* e suas características são típicas de Eupatorieae (mais detalhes em BARROSO *et al.*, 1991; MANI & SARAVANAN, 1999). São perfeitas, tubulosas e com tricomas adensados na região apical externa do tubo e esparsos ao longo dele (Fig. 5A). As anteras sinânteras e apresentam apêndices apicais e os filetes são epipétalos e possuem um

espessamento (Fig. 5C). O pólen é abundante, branco e apresentou alta viabilidade, em média, 96%. Contudo, a viabilidade polínica, em 2006 (98%) foi superior à observada em 2005 (93%), conforme o Teste t a 0,05% ( $p=0,001550$ ). O estilete é bífido e clavado (Fig. 5 A, B e D), possui uma região indivisa, na qual se localizam tricomas. O nectário é um anel conspícuo, de coloração branca, e circunda a base do estilete (Fig. 5B-D). As papilas estigmatíferas concentram-se em quatro linhas (linhas estigmáticas, Fig. 5D), as quais se localizam imediatamente acima do ponto de bifurcação do estilete, em, aproximadamente, 1/3 basal dos ramos. Os 2/3 restantes do estilete correspondem aos apêndices estéreis (Fig 5D), os quais carregam e expõem os grãos de pólen, durante o processo da ASP. Os recursos oferecidos pelas flores são néctar e pólen.

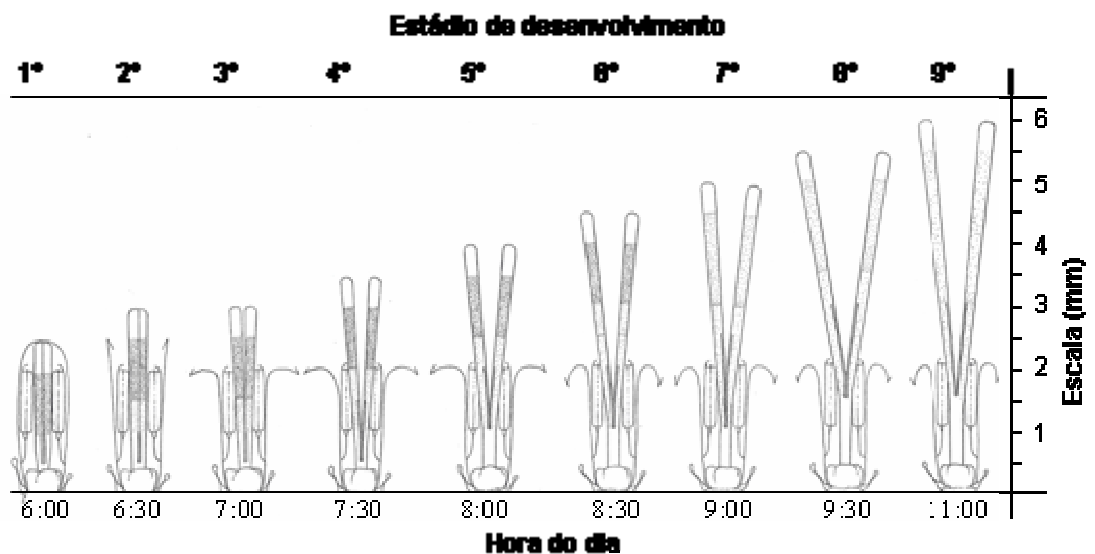


**Fig. 5-** Aspectos morfológicos das flores de *Adenostemma brasilianum*. A- Flor em antese; B- Flor em antese, em corte longitudinal; C- Tubos da corola e das anteras abertos; D- Estilete, ramos do estilete, longos e clavados, e nectário. a- anteras; ap- apêndice apical das anteras; co- corola; cp- carpópódio; e- espessamentos dos filetes; f- filetes; le- linhas estigmáticas; n- nectário; o- ovário; pp- papilho; re- ramos do estilete; t- tricomas.

Não foi observado acúmulo de néctar nas flores, embora o nectário, das flores em antese, tenha se apresentado com a superfície externa úmida e brilhante, características consideradas como sinalização da sua atividade. O odor foi imperceptível, mas o vermelho neutro localizou osmóforos na região apical dos ramos do estilete, nas bordas das lacínias da corola e na região onde se fundem (fauce) e no apêndice apical das anteras.

A figura 6 ilustra todos os estádios e fases observados em flores de *A. brasilianum* ao longo de um único dia (1º dia da antese), são eles: estágio de botão floral (estádio 1º), em que houve a deiscência das anteras; quando inicia-se a fase masculina, na qual ocorre também apresentação do pólen; e a fase feminina, na qual ocorre a exposição das linhas estigmáticas. As flores são protândricas e a deiscência

das anteras ocorreu na pré-antese (estádio 1<sup>o</sup>), por volta de 6:00h, quando os grãos de pólen foram depositados sobre os ramos do estilete, iniciando o processo de ASP. Às 6:30h, as flores abriram-se, os lobos da corola se separaram, expondo uma pequena parte dos ramos do estilete (estádio 2<sup>o</sup>). O estilete e os seus ramos cresceram, expondo o pólen para fora do tubo da corola; todo o processo de exposição durou cerca de duas horas (das 6:30 às 8:30h), finalizando a fase masculina da flor (do 1<sup>o</sup> ao 6<sup>o</sup> estádios). Observa-se que o local de deposição secundária do pólen, nos ramos, é afastado das linhas estigmáticas, caracterizando uma hercogamia (barreira física) à autopolinização.



**Fig. 6-** Flores de *Adenostemma brasilianum* desde o botão floral em pré-antese (estádio 1<sup>o</sup>) até a total exposição das linhas estigmáticas (estádio 9<sup>o</sup>). Do 1<sup>o</sup> ao 6<sup>o</sup> estádios as flores encontram-se na fase masculina e do 7<sup>o</sup> ao 9<sup>o</sup>, na feminina. A região hachurada dos ramos do estilete representa o local de deposição do pólen e as linhas mais escuras na base dos ramos representam as áreas estigmáticas.

Às 9:00h iniciou-se a fase feminina (estádio 7<sup>o</sup>), caracterizada pelo afastamento dos ramos e exposição das linhas estigmáticas; as linhas encontravam-se quase totalmente expostas após duas horas (às 11h, estágio 9<sup>o</sup>). Durante a fase feminina, observaram-se grãos de pólen remanescentes nos ramos e nas anteras. Verificaram-se pequenas alterações nos horários da figura 6, se consideradas as alterações climáticas, ou seja, em dias quentes houve uma aceleração dos processos, se comparados aos dias nublados ou chuvosos.



As flores, na fase feminina, duraram  $3\pm 1$  dias. No segundo dia, as flores permaneceram sem alterações morfológicas, com as linhas estigmáticas expostas, e foram, abundantemente, visitadas pelos polinizadores (capítulo 3). Entretanto, iniciou-se o processo de senescência, pois os apêndices estéreis do estilete começaram a contrair-se, devido à desidratação, o nectário de branco apresentou-se levemente vináceo no ápice e os espessamentos dos filetes desidrataram-se. No terceiro dia, as flores continuaram em processo de senescência, sendo visitadas por, no máximo, mais um dia.

### 2.3.2. Sistema reprodutivo

As frutificações obtidas nos diferentes tratamentos de polinização (Tab. 3), evidenciaram que *A. brasilianum* é autocompatível, visto que houve frutificação nos testes de autopolinização espontânea e manual (13,9 e 35,6% respectivamente), embora as frutificações tenham sido menores que as obtidas nas polinizações abertas e cruzada (Tab. 3). A frutificação foi nula no teste de agamospermia, com o auxílio de lupa e a proteção do failete (Tab. 3), diferentemente dos resultados obtidos na Tabela 4. Houve diferenças significativas entre todos os tratamentos, exceto entre polinização aberta (HB) e polinização cruzada (Tab. 3).

**Tabela 3** - Resultados das polinizações manuais e polinizações abertas em capítulos de *Adenostemma brasilianum*. AE = autopolinização espontânea, AG = agamospermia, AM = autopolinização manual, HB = horto botânico, MP = mata do paraíso, PA = polinização aberta, PC = polinização cruzada.

Tratamento	Indivíduos		Capítulos		Flores	Frutos	
	n.º		n.º			%	
AE	18	27	1247	173	13,9 d		
AG	10	31	1117	0	00,0 e		
AM	12	44	1392	496	35,6 c		
PA (MP)	16	50	1624	1158	71,3 b		
PA (HB)	24	100	3551	3239	91,2 a		
PC	10	27	984	803	81,6 a		

\*Médias com diferentes letras na mesma coluna indicam diferenças significativas de acordo com teste de Tukey a 0,005%.

Os resultados dos testes realizados para verificar a eficiência dos materiais musselina e failete no isolamento dos capítulos encontram-se na Tabela 4. O musselina foi bem menos eficiente para isolar os capítulos da ação dos polinizadores, visto que nesta condição as porcentagens de frutificação foram superiores às dos tratamentos isolados com failete (Tab. 4). No teste de autopolinização espontânea, com musselina, a frutificação foi de, aproximadamente, 70% maior que o mesmo

tratamento com failete (Tab. 4). Conforme o teste de Qui-quadrado ( $P > 0,005$ ), verificou-se que o tipo de material utilizado para isolar os capítulos, influenciou a porcentagem de frutificação em todos os tratamentos realizados (Tab. 4), para os quais obteve-se: autopolinização espontânea ( $p = 0,000007$ ), manual ( $p = 0,000010$ ) e agamospermia ( $p = 0,001000$ ).

**Tabela 4** - Testes de polinização em capítulos de *Adenostemma brasilianum*, para verificação do material mais eficiente no isolamento dos capítulos contra ação dos polinizadores. AE = autopolinização espontânea, AM = autopolinização manual, AG = agamospermia, M = musselina, F = failete.

Tratamento (material)	Indivíduos	Capítulos	Flores	Frutos	
		n.º		n.º	%
AE (M)	7	24	1104	942	85,3
AE (F)	18	27	1247	174	13,9
AM (M)	10	30	1330	1038	78,0
AM (F)	12	44	1392	496	35,6
AG (M)	17	37	698	336	51,8
AG (F)	16	39	1679	74	4,4

## 2.4. DISCUSSÃO

Antese matutina é muito comum entre as Asteraceae (PROCTOR & YEO, 1978) e, segundo MANI & SARAVANAN (1999), excluindo algumas poucas exceções, sempre ocorre antes de 8:00h da manhã, semelhante ao observado na espécie estudada. Para esses autores, o horário da antese é influenciado por mudanças na temperatura do ar e as variações observadas nos estádios florais de *A. brasilianum*, em dias nublados e ensolarados, reforçaram essa hipótese. Contudo, além dos fatores ambientais, forças seletivas podem influenciar na antese, gerando a sincronia entre o horário da antese e o período de atividade do polinizador (MANI & SARAVANAN 1999).

Os recursos, pólen e néctar, oferecidos pelas flores de *A. brasilianum*, seguem o padrão descrito para a família (MANI & SARAVANAN, 1999). Seu nectário é conspicuo, semelhante ao da maioria das Eupatorieae (KING & ROBINSON, 1987). A ausência de acúmulo de néctar, tal como verificado, parece favorecer as polinizações cruzadas, pois o polinizador tende a visitar várias flores (MANI & SARAVANAN, 1999) e as altas frutificações obtidas nas polinizações abertas, no

presente estudo, confirmaram esse favorecimento. Os osmóforos localizados em *A. brasilianum*, concentrados em partes externas das flores, tais como ápice dos ramos do estilete, bordas dos lobos da corola e apêndices apicais das anteras, indicaram que há sinalização, por meio de odor, dos recursos florais aos polinizadores, como sugerido por LANE (1996). Entretanto, o odor é imperceptível ao ser humano. A alta viabilidade polínica registrada é característica comum em espécies de Asteraceae com reprodução sexuada (cf. WERPACHOWSKI *et al.*, 2004).

Os capítulos de *A. brasilianum* parecem ser atrativos aos polinizadores, se consideradas a diversidade e a abundância de visitantes observados (veja capítulo 3). A atratividade deve-se à ação conjunta das seguintes características: 1º- A coloração branca das corolas e dos ramos do estilete, além de sua conspicuidade; 2º- A provável liberação de odores; e 3º- Os alcalóides pirrolidizínicos disponíveis em seu néctar.

A protandria e a ASP, cujos grãos de pólen são depositados sobre os ramos do estilete, em flores na pré-antese, como verificadas em *A. brasilianum*, são características da maioria das asteráceas (p. ex., JONES, 1976; PROCTOR & YEO, 1978; SAZIMA & MACHADO, 1983; BARROSO *et al.*, 1991; HOWELL *et al.*, 1993; MANI e SARAVANAN, 1999; CERANA, 2004; PRUSKI & SANCHO, 2004). As duas fases sexuais, masculina e feminina, também foram semelhantes às observadas em outras espécies (SAZIMA & MACHADO, 1983; MORETI, 1989; CERANA, 2004; WERPACHOWSKI *et al.*, 2004). Entretanto, as fases masculina e feminina ocorrendo numa mesma manhã não têm sido discutidas pelos autores.

Durante a fase masculina, a maior disponibilidade de pólen pela manhã é coincidente com a maior frequência de visitação dos polinizadores (capítulo 3). MANI & SARAVANAN (1999) mencionaram, que em algumas asteráceas, os picos de produção de néctar e de disponibilidade de pólen são simultâneos e a consequência é uma alta visitação, resultando na dispersão do pólen. Segundo esses autores, a polinização ocorreria posteriormente, quando ainda há secreção de néctar e as flores encontram-se na fase feminina. *A. brasilianum* parece seguir esse padrão.

A fase feminina longa, tal como verificado, é característica comum entre as Asteraceae (MANI & SARAVANAN, 1999; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004; EITERER, 2005). Essa estratégia parece maximizar a polinização, pois as flores de *A. brasilianum*, no segundo dia, foram amplamente visitadas.

A frutificação obtida na autopolinização espontânea parece conferir vantagens à *A. brasilianum*, pois a sua manutenção em áreas instáveis independe dos serviços de polinizadores, como sugerido para outras espécies (LAWRENCE, 1980; BERRY & CALVO, 1989; WERPACHOWSKI *et al.* 2004). A autopolinização espontânea é comum entre as asteráceas (ARMBRUSTER & McGUIRE, 1991), principalmente em espécies herbáceas anuais, como *A. brasilianum*, e invasoras (GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004, WERPACHOWSKI *et al.*, 2004). WERPACHOWSKI *et al.* (2004) verificaram que dentre as 22 espécies de asteráceas estudadas, 21 apresentaram alta frutificação em autopolinização espontânea. Esses autores descrevem que os grãos de pólen, remanescentes nas anteras, são responsáveis pela autopolinização, pois as anteras localizam-se próximas às regiões estigmáticas. Acredita-se que o mesmo possa ocorrer em *A. brasilianum*, embora a frutificação tenha sido 5,8 vezes menor que a da polinização cruzada, caracterizando-a como xenógama facultativa (*sensu* KEARNS & INOUE, 1993). A frutificação, embora baixa, indica que a dicogamia protândrica e a hercogamia em suas flores são parciais e não impedem totalmente a autopolinização.

À semelhança do descrito por ROITMAN (1995), a baixa frutificação obtida na autopolinização manual, principalmente se comparada aos valores obtidos nas polinizações abertas, deve-se, provavelmente, à dificuldade de se polinizar, manualmente, todas as flores de um capítulo.

As diferentes frutificações obtidas nas polinizações abertas, na Mata do Paraíso e no Horto Botânico, indicam que, na população natural, *A. brasilianum* vem apresentando polinização limitada, como também observado por ROITMAN (1995) em *Grindelia chiloensis* (Corn.). Esta limitação pode estar relacionada às vantagens apresentadas pelos indivíduos cultivados, que são: 1º- floração abundante, devido ao adensamento de indivíduos, aumentando a atratividade (*cf.* ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005); 2º- grande qualidade do pólen disponível (*cf.* KIRCHNER *et al.*, 2005); 3º- alta frequência de visitação das borboletas e mariposas (capítulo 3); 4º- condições ambientais mais favoráveis ao cultivo (*cf.* ROITMAN, 1995).

O tipo de material utilizado para isolar os capítulos foi fundamental para se obter resultados confiáveis sobre o sistema reprodutivo de *A. brasilianum*. O uso de material inadequado, nesse estudo representado pelo musselina, não isolou totalmente

os capítulos dos visitantes (borboletas, capítulo 3) e permitiu a contaminação, resultando em frutificações. Esse resultado inclui os dos testes de autopolinizações e, em especial, o de agamospermia, no qual houve alta frutificação em capítulos isolados pelo musselina. Em capítulos isolados com failete também houve frutificação na agamospermia, demonstrando a importância do uso de lupas, além do material correto. São flores muito pequenas e a emasculação, por meio da decapitação dos capítulos, nesse caso, não foi total a olho nú.

Embora existam publicações sobre técnicas para biólogos da polinização (KEARNS & INOUE, 1993; DAFNI *et al.*, 2005), trabalhos específicos sobre esse assunto em Asteraceae são escassos. BERRY & CALVO (1989), por exemplo, utilizaram materiais com diferentes tamanhos de poros para isolar os capítulos de espécies de *Espeletia*, com o objetivo de confirmar a anemofilia. Em *A. brasilianum* e em outras espécies polinizadas por borboletas, síndrome floral predominante na família (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1971; FREE, 1993; RICHARDS, 1997; MANI & SARAVANAN, 1999; PRUSKI & SANCHO, 2004; FERREIRA, 2006), é fundamental o uso de materiais corretos para o isolamento das flores. Esses insetos possuem aparelho bucal muito fino e os resultados do presente estudo demonstraram a importância da escolha correta do material para evitar seu acesso às flores.

## 2.5. CONCLUSÕES

- As flores *Adenostemma brasilianum* são matutinas e protândricas.
- No primeiro dia de antese, a apresentação secundária de pólen ocorre pela manhã, das 6:00 às 9:00h, caracterizando uma curta fase masculina da flor. A viabilidade do pólen é alta (96%).
- Nesse mesmo dia, das 9:00 às 11:00h, ocorre a exposição das linhas estigmáticas, caracterizando a fase feminina da flor. A fase feminina é longa e dura  $3 \pm 1$  dias.
- É autocompatível e se reproduz independentemente dos serviços dos polinizadores, através da autopolinização espontânea. Entretanto, sua frutificação é cerca de 6,5 vezes maior quando as flores são visitadas.
- O material musselina, que é muito utilizado pelos biólogos da reprodução para impedir o acesso dos visitantes às flores, é pouco efetivo para lepidópteros.
- Este trabalho trouxe à tona uma questão relativamente pouco tratada na literatura científica, que se refere às metodologias utilizadas na realização dos testes de polinização. Observa-se que materiais diferentes podem mascarar os resultados dos testes de polinização, o que gera interpretações errôneas por parte do pesquisador.
- A atratividade dos capítulos de *A. brasilianum* está relacionada entre outras características, aos ramos do estilete, que são extremamente conspícuos, além de odores que possivelmente estão presentes.

## 2.6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbot, R.J. & Irwin, J.A. 1998. Pollinators movements and the polymorphism for outcrossing rate at the ray locus in common groundsel, *Senecio vulgaris*. **Heredity** **60**: 295-298.
- Almeida, A.M.; Prado, P.I. & Lewinsohn, T.M. 2004. Geographical distribution of Eupatorieae (Asteraceae) in South-eastern and South Brazil montain ranges. **Plant Ecology** **174**: 163-181.
- Armbruster, W.S. & McGuire, A.D. 1991. Experimental assessment of reproductive interactions between sympatric *Aster* and *Erigeron* (Asteraceae) in interior Alaska. **American Journal of Botany** **78**: 1449-1457.
- Baker, J.G. 1976. Compositae II-Eupatorieae. *In*: Martius C.P.V. & Eichler, A.W. Eds. **Flora Brasiliensis** **6**: 181-374.
- Ballard, R. 1986. *Bidens pilosa* complex (Asteraceae) in north and Central America. **American Journal of Botany** **73**: 1452-1465.
- Bardón, A.; Montanaro, S.; Catalán, C.A.N.; Díaz, A.G. & Herz, W. 1996. Kaurenes and related diterpenos from *Adenostemma brasilianum*. **Phytochemistry** **42**: 479-484.
- Barroso, G.M.; Peixoto, A.L.; Costa, C.G.; Ichaso, C.L.F.; Guimarães, E.F. & Lima, H.C. 1991. **Sistemática de Angiospermas do Brasil** v.3, Imprensa Universitária-UFV, Viçosa, 326p.
- Berry, P.E. & Calvo, R.N. 1989. Wind pollination, self compatibility, and altitudinal shifts in pollination systems in the high Andean genus *Espeletia* (Asteraceae). **Journal of Ecology** **76**: 1602-1614.
- Bremer, K. 1994. **Asteraceae - cladistic & classification**. Timber Press, Oregon, 752p.
- Brown Jr., K.S. 1984a. Adult-obtained pyrrolidizine alkaloids defend Ithomiinae butterflies against a spider predator. **Nature** **309**: 707-709.
- Brown Jr., K.S. 1984b. Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult Ithomiinae (Lepdoptera: Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia** **44**: 435-46.
- Cerana, M.M. 2004. Flower morphology and pollination in *Mikania* (Asteraceae). **Flora** **199**: 168-177.
- Correia, G.F. 1983. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do planalto de Viçosa**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87p.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia Univ. Press, New York, 1262p.
- Dafni, A; Kevan, P.G. & Husbans, B.C. 2005. **Practical pollination biology**. Enviroquest, Ltd., Cambridge, 590p.
- Devlin, B. & Stephenson, A.G. 1985. Sex differential floral longevity, nectar secretion, and pollinator foraging in a protandrous species. **American Journal of Botany** **72**: 303-310.

- Eiterer, M. 2005. **Estratégias reprodutivas de espécies co-ocorrentes de *Mikania* (Asteraceae)**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 45p.
- Faegri, K. & van der Pijl, L. 1971. **The principles of pollination ecology**. Pergamon Press Ltd., Oxford, 291p.
- Ferreira, S.C. 2006. **Asteraceae Martinov. em um fragmento florestal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Florística e aspectos reprodutivos**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 144p.
- Free, J.B. 1993. **Insect pollination of crops**. Academic Press, New York, p.684.
- Gifford, E.M. & Foster, A.S. 1988, **Morphology of vascular plants**. 3ª Ed., W.H. Freeman, New York. 560p.
- Godinho, M.A.S. & Vieira, M. F. 2006. **Sistema reprodutivo de *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Asteraceae)**. In: 57º Congresso Nacional de Botânica, Gramado, RS.
- Grombone-Guaratini, M.T.; Solferini, V.N. & Semir, J. 2004. Biology reproductive in species of the *Bidens* L. (Asteraceae). **Science Agriculture** **61**: 185-189.
- Harris, E.M. 1999. Capitula in the Asteridae: A widespread and varied phenomenon. **Botanical Review** **65**: 348-369.
- Heinrich, B. & Raven, P.H. 1972. Energetics and pollination ecology. **Science** **176**: 597-602.
- Hiscock, S. J. 2000. Self-incompatibility in *Senecio squalidus* L. (Asteraceae). **Annals of Botany** **85**: 181-190.
- Howell, G.J.; Stater, A.T. & Knox, R.B. 1993. Secondary pollen presentation in angiosperms and it's biological significance. **Australian Journal of Botany** **41**: 417-438.
- Hughes, M.B & Babcock, EB. 1950. Self-incompatibility in *Crepis foetida* L. subsp. *rhoeadifolia* Bieb. Schinz et Keller. **Genetics** **35**: 570-588.
- Jones, A.G. 1976. Observation on the shape and exposure of estyle branches in the Asteraceae (Compositae). **American Journal of Botany** **63**: 259-262.
- Kearns, C.A. & Inouye, D.W. 1993. **Techniques for pollination biologists**. University Press of Colorado, 583p.
- King, R.M. & Robinson H. 1987. The genera of the Eupatorieae (Asteraceae). **Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden** **22**: 1-63.
- Kirchner, F.; Luijten, S.H.; Imbert, E.; Riba, M.; Mayol, M.; González-Martinez, A.M. & Colas, B. 2005. Efeito da Luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Oikos** **111**: 130-142.
- Ladeira, A.M.; Zaidan, L.B.P. & Figueredo-Ribeiro, R.C. 1987. *Ageratum conyzoides* L. (Compositae): Germinação, floração e ocorrência de derivados fenólicos em diferentes estágios de desenvolvimento. **Hoehnea** **14**: 53-62.
- Lane, A.M. 1996. Pollination biology of compositae. p. 61-80. In: Hind, D.J.N. (ed.). **Compositae: Biology & utilization**. The Royal Botanical Gardens, New York, 945p.

- Lawrence, M.E. 1980 *Senecio* L. (Asteraceae) in Australia: Reproductive biology of a genus found primarily in unstable environments. **Australian Journal of Botany** **33**: 197-208.
- Leal-Filho, N. 1992. **Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma vegetação na Zona da Mata de Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 116p.
- Lewis, D. 1979. **Sexual incompatibility in plants**. E. Arnold Limited. London. 154p.
- Mani, M.S. & Saravanan, J.M. 1999. **Polinization ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. Science Publishers, New Hampshire, 166p.
- Moraes, M.D. 1997. **A família Asteraceae na planície Litorânea de Picinguaba município de Ubatuba-SP**. Tese Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154p.
- Moreti, A.C.C.C. 1989. **Estudo sobre a polinização entomófila de girassol (*Helianthus annuus* L.) utilizando diferentes métodos de isolamento de flores**. Tese Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 236p.
- Proctor, M.C.F. & Yeo, P. 1978. **The pollination of flowers**. William Collins Sons & Co Ltd Glasgow, Great Britain. 498p.
- Pruski, J.F. & Sancho, G. 2004. **Asteraceae**. In: N, Smith (eds.) Flowering plants systematics. Harper & Row, New York, 891p.
- Radford, A.C.D.; Massey, J.R. & Bell, C.R. 1974. **Vascular plant systematics**. Harper & Row, Publishers, New York, 780p.
- Reinartz, J.A. & Les, D.H. 1994. Bottleneck-induced dissolution of self-incompatibility and breeding system consequences in *Aster furcatus* (Asteraceae). **American Journal of Botany** **81**: 446-455.
- Richards, A.J. 1997. **Plant breeding systems**. George Allen and Unwin, London. 528p.
- Rizzini, C.T. 1992. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Âmbito Cultural, São Paulo. 189p.
- Roitman, G.G. 1995. Comportamiento reproductivo de *Grindelia chilensis* (Asteraceae). **Darwiniana** **33**: 21-26.
- Romero, G.Q. & Neto, J.V. 2005. Flowering phenology, seed set and orthopod guilds in *Trichogoniopsis adenantha* (DC) (Asteraceae) in south-east Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 171-178.
- Sazima M. & Machado I.C.S. 1983. Biologia floral de *Mutisia coccinia* ST. Hil. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica** **6**: 106-108.
- Spina, A.P.; Ferreira, W.M. & Leitão Filho, H. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). **Acta Botânica Brasílica** **15**: 349-368.
- Sun, M. & Ganders, F.R. 1990. Outcrossing rates and allozyme variation in rayed and rayless morphos of *Bidens pilosa*. **Heredity** **64**: 139-143.



- Veloso, H.P.; Rangel-Filho, A.L. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 584p.
- Werpachowski, J.S.; Varassin, I.G. & Goldenberg, R. 2004. Ocorrência de apomixia e partenocarpia em algumas espécies subtropicais de Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica 27**: 607-613.
- Yapp, R.H. 1906. Fruit-dispersal in *Adenostemma viscosum*. **Annals of Botany 20**: 311-316.
- Yeo, P.F. 1993. **Secondary pollen presentation: form, function and evolution**. Springer Verlag. 268 p.
- Zar, J.H. 1999. **Bioestatistical analysis**. 4<sup>a</sup> ed. Prentice Hall International Editions, New Jersey, 663p.

## Capítulo 3

### Visitantes florais de *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Eupatorieae, Asteraceae)

#### RESUMO

Asteraceae têm um importante papel ecológico, devido, especialmente, à diversidade de animais antófilos associados às suas espécies, ao longo de todo ano, numa dada formação vegetacional. Apesar dessa importância, há carência de pesquisas sobre a identidade de seus polinizadores. Este estudo visa identificar os visitantes florais e, dentre eles os polinizadores de *Adenostemma brasilianum* e a frequência de visitação às suas flores. *A. brasilianum* é herbácea, anual, monocárpica e zoocórica, típica de interior ou bordas de mata. Existem poucas pesquisas que se referem aos seus visitantes florais, nas quais foi enfocada a biologia de borboletas e de mariposas diurnas que obtêm alcalóide pirrolidizínico (PA) no néctar de suas flores. A pesquisa foi realizada em 2005 e 2006, em duas áreas, ambas localizadas no município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W), Zona da Mata de Minas Gerais: Mata do Paraíso (MP), fragmento florestal com 195ha de Floresta Estacional Semidecidual, onde ocorre população natural de *A. brasilianum*; e Horto Botânico (HB), do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, onde indivíduos foram cultivados, a partir de sementes oriundas da MP. Foi realizado o levantamento dos visitantes florais nos indivíduos da MP e do HB. A frequência de visitação foi verificada em quatro dias não-consecutivos, entre fevereiro e abril de 2006, apenas em indivíduos nativos da MP; os registros foram realizados em blocos de 30 min. para cada hora do dia, entre 7:00 e 17:00h, totalizando um esforço amostral de 20 horas. Considerou-se polinizador os visitantes que contataram os órgãos reprodutivos das flores. Registraram-se 38 diferentes insetos como visitantes florais, pertencentes às ordens Lepidoptera (32 táxons), Hymenoptera (três) e Diptera (três), todos polinizadores em potencial e 42% comuns às áreas de estudo. O néctar foi o principal recurso retirado das flores. As borboletas Ithomiinae (18 espécies) e Danainae (uma espécie), ambas Nymphalidae, e as mariposas diurnas Arctiidae (13 táxons) foram os grupos mais representativos em número de espécies. Dentre os lepidópteros, a maior frequência foi das Ithomiinae, especialmente, de indivíduos de *Brevioleria aelia plisthenes*, *Episcada carcinia*, *Ithomia agnosia zikani*, *Pteronymia carlia*, *P. euritea*, além de *Lycorea halia discreta* (Danainae). Com exceção de *B. aelia plisthenes* e de *P. euritea*, as demais espécies não foram registradas nos quatro dias de frequência. A amplitude da porcentagem de visitação, em dias distintos, de uma dada espécie, variou de 0 a 48%. Essa inconstância de visitação dos lepidópteros parece ser recompensada pela diversidade de espécies e o seu comportamento de forrageio imprevisível parece favorecer a xenogamia e a alta frutificação registrada (>70%). O pico de visitação ocorreu entre 8:00 e 11:00 h. Os demais insetos, com exceção da mosca *Ordina obesa*, tiveram frequência baixa ou nula. Todas as espécies de Ithomiinae coletadas eram machos, semelhante ao descrito na literatura, que buscam no néctar o PA, que os tornam impalatáveis e são precursores da rota biossintética de feromônios; durante a cópula, parte do PA acumulado nos corpos dos machos é transferido para as fêmeas, através dos espermatóforos. Parece existir uma relação de co-dependência entre *A. brasilianum* e seus polinizadores, embora a manutenção de ambos na MP dependa de outros fatores, tais como a manutenção do hábitat de *A. brasilianum*, áreas úmidas do sub-bosque, e de seus dispersores e das fontes alimentares

(principalmente folhas de espécies de Solanaceae) para as fases juvenis das Ithomiinae.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Devido à grande representatividade das Asteraceae, em diversas formações vegetacionais (BARROSO *et al.*, 1991; LANE, 2004), suas espécies desempenham importante papel ecológico, fornecendo recursos florais para ampla fauna de animais antófilos, ao longo de todo o ano (MANI & SARAVANAN, 1999; ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005; FERREIRA, 2006). Entretanto, pesquisas relacionadas à interação planta-polinizador são pouco comuns (LANE, 1994) e, dentre elas, destacam-se as de GROSS & WERNER (1983), SAZIMA & MACHADO (1983), BERRY & CALVO (1989), ARMBRUSTER & MCGUIRE (1991), ROITMAN (1995), CERANA (2004), LANE (2004), EITERER (2005) e ROMERO & VASCONCELLOS-NETO (2005). Embora pouco representativos, demonstraram que na família pode haver estreitas relações entre o polinizador e a planta hospedeira (GROSS & WERNER, 1983; BERRY & CALVO, 1989; ARMBRUSTER & MCGUIRE, 1991; ROITMAN, 1995; LANE, 2004).

Trabalhos envolvendo várias espécies de Asteraceae têm demonstrado que são generalistas, por apresentarem uma gama variada de polinizadores (FAEGRI & van der PIJL, 1971; FREE, 1993; RICHARDS, 1997; MANI & SARAVANAN, 1999; LANE, 2004; FERREIRA, 2006), nem sempre identificados, mas agrupados em suas respectivas ordens (MANI & SARAVANAN, 1999; FERREIRA, 2006). Esses polinizadores são, comumente, invertebrados, tais como borboletas e abelhas (FAEGRI & van der PIJL, 1971; FREE, 1993; MANI & SARAVANAN, 1999, PRUSKI & SANCHO, 2004) e, raramente, morcegos (LANE, 1994; PRUSKI & SANCHO, 2004), aves (SAZIMA & MACHADO, 1983, GUARIGUATA, 1988) e vento (GUARIGUATA, 1988; LANE, 1994).

As Asteraceae produzem diversos metabólitos secundários, tais como, flavonóides, ácidos cumarínicos, fenilpropanóides, alcalóides, dentre outros (CRONQUIST, 1981; KING & ROBINSON, 1987; BARROSO *et al.*, 1991; PRUSKI & SANCHO, 2004). O alcalóide pirrolidizínico (PA), um composto secundário comum em espécies das tribos Eupatorieae e Senecioneae (BROWN Jr., 1984a; b), apresenta diversas atividades biológicas (HARTMANN & WITTE, 1995; BROWN Jr. & TRIGO, 1995; HARTMANN, 1999; TRIGO, 2000), como toxicidade

(ROBINS, 1977), ação mutagênica/cancerígena (BRUNETON, 1999) e proteção da planta contra herbívoros e patógenos (CRONQUIST, 1981; BOPPRÉ, 1990; MATZEMBACHER, 1998). É sintetizado nas raízes, mas acumula-se, especialmente, nas flores e nos frutos (BROWN Jr., 1984a; 1987; TRIGO *et al.*, 1993). Na flor, o PA é encontrado, comumente, no néctar, de onde é obtido pelos visitantes florais hábeis em tolerá-lo e, ou, armazená-lo. Esses visitantes são, principalmente, adultos de borboletas (Nymphalidae) e mariposas diurnas (Arctiidae) (BROWN Jr., 1984a; b; 1987; TRIGO *et al.*, 1996; CONNER *et al.*, 2000, KARAM *et al.*, 2002, PAIVA & BARATA, 2004), além de algumas espécies de Hymenoptera e Coleoptera (BROWN Jr. & TRIGO, 1995).

Estes lepidópteros tornaram-se, ao longo da evolução, capazes de obter e transformar o PA em substâncias importantes para complementação do seu ciclo de vida (BROWN Jr., 1984a; b; BOPPRÉ, 1990; TRIGO *et al.*, 1996; PAIVA & BARATA, 2004). Os machos utilizam esse alcalóide como precursor na síntese de feromônios, que são fundamentais ao sucesso na corte (BROWN Jr., 1984a; b), além de acumulá-lo em seus tecidos corpóreos, tornando-os impalatáveis (BROWN Jr., 1984a; b; CONNER *et al.*, 2000). O acúmulo ocorre também nos espermatóforos e, por isso, o PA é transferido para as fêmeas durante a cópula, que as tornam também impalatáveis; as fêmeas, por sua vez, transferem parte do alcalóide adquirido para os seus ovos (Bowers, 1980; BROWN Jr., 1984a; b; 1987; BOPPRÉ, 1990; TRIGO *et al.*, 1996; CONNER *et al.*, 2000; TRIGO, 2000; SILVA & TRIGO, 2002; SCHULZ *et al.*, 2004).

*Adenostemma* engloba 24 espécies herbáceas anuais (KING & ROBINSON, 1987; BREMER, 1994) e é um dos poucos gêneros de asterácea típicos de interior de matas. Ocorre em áreas de baixas altitudes, com distribuição pantropical (KING & ROBINSON, 1987); no Brasil foram registradas cinco espécies (KING & ROBINSON, 1987), dentre elas *A. brasilianum*.

Estudos sobre os visitantes florais de *A. brasilianum* se restringem aos de BROWN Jr. (1984a; b); MORAES (1997); SPINA *et al.* (2001); ALMEIDA *et al.* (2004), FERREIRA (2006). Estes autores tratam da biologia de borboletas e mariposas que capturam PA em suas flores. Entretanto, aspectos reprodutivos da planta, incluindo um levantamento sistemático dos seus polinizadores não são mencionados. O objetivo deste estudo, foi identificar a guilda de visitantes das flores de *A. brasilianum*, os principais polinizadores e a frequência de visitaçãõ.

## 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de trabalho

A pesquisa foi realizada entre março de 2005 e abril de 2006, em duas áreas, ambas na região sudeste do Brasil, que se localizam dentro dos limites do município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W), Zona da Mata de Minas Gerais, cujo clima, segundo classificação de Köppen, é definido como Cwa, subtropical com chuvas de verão.

A primeira área corresponde ao maior fragmento florestal desse município, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), denominada Estação Experimental de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPETEAMP) ou popularmente conhecida por Mata do Paraíso (MP), como será aqui referida. Sua vegetação nativa foi definida, por VELOSO *et al.* (1991), como Floresta Estacional Semidecidual, em parte caducifólia, que, segundo RIZZINI (1997), faz parte dos domínios da Floresta Atlântica. Abrange aproximadamente 194,6 ha., com altitudes que variam de 720 a 880 m (LEAL-FILHO, 1992) e apresenta relevo ondulado e montanhoso (CORREIA, 1983). No século XIX, a MP foi desmatada, tendo ocorrido intensa retirada de madeira.

A segunda área é o Horto Botânico (HB) do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, onde foram cultivados indivíduos de *A. brasilianum*, a partir de sementes oriundas da MP.

### 3.2.2 Espécie estudada

*Adenostemma brasilianum* é anual e mede entre 0,3 cm a 1 m de altura (MORAES, 1997). Seus capítulos têm numerosas flores com corola tubulosa e branca. Os ramos do estilete apresentam longos apêndices claviformes brancos (KING & ROBINSON, 1987; MORAES, 1997). Seu fruto, uma cipsela (BREMER, 1994), é obovóide, carbonizado e coroado por papilho com duas ou três cerdas rijas e glandulíferas (BARROSO *et al.*, 1991), que auxiliam na dispersão zoocórica.

A espécie ocorre em regiões de baixas altitudes, sempre em interior ou borda de mata (sob sombra parcial), e em locais úmidos (KING & ROBINSON, 1987; MORAES, 1997) ou até mesmo alagados (MORAES, 1997). Distribui-se em todo o sudeste brasileiro, além do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (BAKER, 1976; MORAES, 1997). Na MP, ocorre em diversas trilhas e em parte da estrada principal

de acesso. O material testemunho, coletado na MP, encontra-se no Herbário VIC do Departamento de Biologia Vegetal da UFV (VIC 29.191).

### **3.2.3 Visitantes florais**

#### **3.2.3.1 Levantamento dos visitantes florais**

O levantamento dos visitantes florais foi realizado nos anos de 2005 e 2006, em indivíduos de população natural, na MP, em ambos os anos, e nos indivíduos cultivados no HB, em 2006. Os insetos foram coletados ao longo do período de floração de *A. brasilianum* (de dezembro a abril, capítulo 1), em diferentes dias, e ao longo do dia, das 07:00 às 17:00h. Cada inseto foi analisado para verificar o local de deposição dos grãos de pólen em seus corpos. Foram mortos e montados em alfinetes entomológicos, conforme ALMEIDA *et al.* (1998). Posteriormente, foram identificados com auxílio de especialistas e depositados na coleção do Museu Regional de Entomologia do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFVB).

#### **3.2.3.2 Frequência dos visitantes**

A frequência de visitação foi realizada durante o pico da floração de *A. brasilianum* (janeiro/fevereiro, capítulo 1), em 2006, exclusivamente na MP. Foram utilizados quatro dias não-consecutivos (21 e 22/fevereiro; 13/março e 06/abril), que foram denominados, no presente estudo, de D1, D2, D3 e D4. Os indivíduos de *A. brasilianum* foram escolhidos aleatoriamente, ao longo das trilhas. Cada um apresentava, no mínimo, 30 capítulos com flores em antese. As observações foram realizadas das 7:00 às 17:00h, por 30 minutos a cada hora, totalizando um esforço amostral de 20 horas. Durante as observações foram registrados todos os animais que acessavam os capítulos em busca de recurso, néctar e, ou pólen.

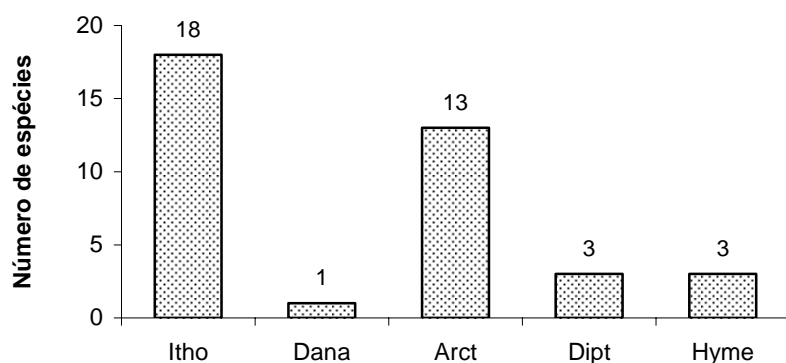
As espécies do gênero *Episcada* são semelhantes morfológicamente entre si, assim como são as de *Hypothesis* e *Ithomia*, e, por isso, foram identificadas, durante os registros de frequência, pelos seus respectivos gêneros.

A porcentagem de visitação foi calculada separadamente para cada um dos quatro dias de observação, levando-se em conta, o total de visitas registradas para cada espécie ou gênero em relação ao número total de visitas observadas no respectivo dia.

Foram considerados visitantes florais, os insetos que retiraram os recursos pólen e, ou néctar sem contatar os órgãos reprodutivos das flores e polinizadores os que retiraram esses recursos realizando visitas legítimas, ou seja, os que pousaram sobre o capítulo ou próximo dele e contataram os órgãos reprodutivos.

### 3.3. RESULTADOS

*A. brasilianum* é espécie entomófila e em suas flores foram registrados 38 diferentes insetos visitantes, pertencentes às ordens Lepidoptera (32 táxons), Hymenoptera (3) e Diptera (3) (Fig. 1, Tab. 1). Todos realizaram visitas legítimas e, por isso, foram considerados polinizadores em potencial. Durante a visita, caminhavam sobre capítulos e acessavam várias flores, consecutivamente, do mesmo indivíduo ou de indivíduos distintos. Observou-se grande quantidade de pólen depositada nas pernas, abdômen e probóscide. O principal recurso explorado pelos insetos foi o néctar, embora o pólen também tenha sido utilizado, principalmente, pelas abelhas (Hymenoptera) e moscas (Diptera).



**Figura 1-** Número de insetos que visitaram flores de *Adenostemma brasilianum*, em Viçosa, Minas Gerais, e seus respectivos grupos (Lepidoptera) ou ordem (Diptera e Hymenoptera). Itho = Ithomiinae, Dana = Danainae, Arct = Arctiidae, Dipt = Diptera, Hyme = Hymenoptera.

Do total de insetos coletados, 42% foram comuns em ambas áreas de estudo, incluindo a única espécie de Danainae (Tab. 1). Dentre os 13 táxons de Arctiidae, seis foram coletados apenas no HB e três na MP; dentre os 18 Ithomiinae, todos machos, seis foram exclusivos na MP e *Mechanitis lysimnia* foi exclusiva do HB; dos três Hymenoptera, *Ptiloglossa* sp. foi exclusivo do HB e as duas outras da MP; dos três dípteros, dois foram coletados apenas na MP (Tab. 1).

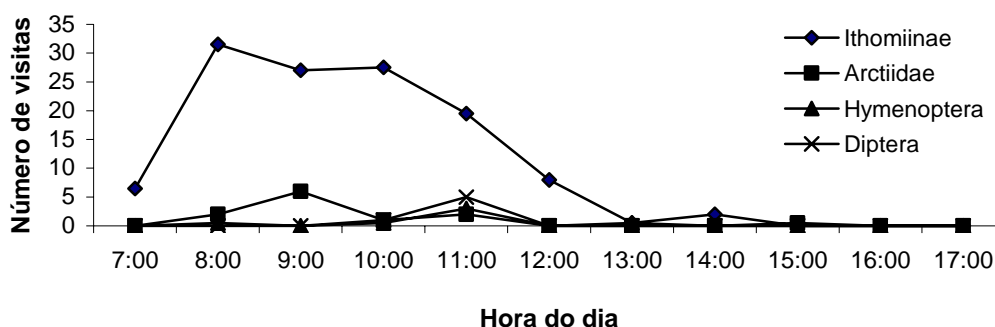
**Tabela 1-** Listagem dos visitantes florais de *Adenostemma brasilianum*, em Viçosa, Minas Gerais (<sup>1</sup>Coletados na Mata do Paraíso, <sup>2</sup>Coletado no Horto Botânico e <sup>3</sup>Coletado em ambas as áreas) e frequência de visitação, em porcentagem, em quatro diferentes dias de observação (D1, D2, D3 e D4).

Ordem Família Subfamília	Táxons	Dias			
		D 1	D2	D 3	D 4
Diptera					
Syrphidae	<i>Ordina obesa</i> Fabricius 1940 <sup>1</sup>	6	5	5	4
	Morfo-espécie 1 <sup>3</sup>	0	2	0	4
	Morfo-espécie 2 <sup>1</sup>	0	0	0	0
Hymenoptera					
Apidae					
Meliponinae	<i>Plebeia</i> sp. <sup>1</sup>	0	1	0	0
Colletidae	<i>Ptiloglossa</i> sp. <sup>2</sup>	0	0	0	0
Halictidae					
Halytinae	<i>Paraxystoglossa</i> sp. <sup>1</sup>	0	0	0	0
Lepidoptera					
Arctiidae	<i>Antichloris eriphia</i> (Fabricius, 1776) <sup>2</sup>	0	0	0	0
	<i>Argyroeides braco</i> Herrich-Schaffer, 1855 <sup>3</sup>	0	0	0	0
	<i>Cyanopepla fastuosa</i> (Walker, 1854) <sup>2</sup>	0	0	0	0
	<i>Dinia mena</i> (Hubner, 1898) <sup>3</sup>	0	0	0	0
	<i>Diptilon chrysocraspis</i> (Hampson, 1898) <sup>2</sup>	0	0	0	0
	<i>Epectatera</i> sp. (Rothschild, 1911) <sup>1</sup>	0	0	0	0
	<i>Tipulodes ima</i> Boisduval, 1832 <sup>2</sup>	0	0	0	0
	<i>Pseudosphex exsul</i> (Rothschild, 1911) <sup>2</sup>	0	0	0	0
	<i>Pseudosphex noverca</i> (Schaus, 1901) <sup>3</sup>	0	1	0	0
	<i>Napata leucotelus</i> Butler, 1976 <sup>3</sup>	3	0	0	0
	Morfo-espécie 1 <sup>1</sup>	1	0	0	0
	Morfo-espécie 2 <sup>2</sup>	0	0	0	0
	Morfo-espécie 3 <sup>1</sup>	0	0	0	0
Nymphalidae					
Ithomiinae	<i>Aeria olena olena</i> Weymer, 1875 <sup>1</sup>	0	1	0	0
	<i>Brevioleria aelia plisthenes</i> (d'Almeida, 1958) <sup>3</sup>	1	32	2	18
	<i>Dircenna dero rhoeo</i> Felder & Felder, 1860 <sup>3</sup>	0	0	0	0
	<i>Episcada carcinia</i> Schaus, 1902 <sup>3</sup>				
	<i>Episcada clausina striposis</i> Haensch, 1909 <sup>3</sup>				
	<i>Episcada hymenaea hymenaea</i> (Prittowitz, 1865) <sup>1</sup>				
	Frequência das espécies de <i>Episcada</i>	11	0	34	0
	<i>Hypothyris euclea laphria</i> (Doubleday, 1847) <sup>3</sup>				
	<i>Hypothyris ninona daeta</i> (Boisduval, 1836) <sup>1</sup>				
	Frequência das espécies de <i>Hypothyris</i>	0	5	0	2
	<i>Ithomia agnosia zikani</i> d'Almeida, 1940 <sup>3</sup>				
	<i>Ithomia lychyi lychyi</i> d'Almeida, 1939 <sup>3</sup>				
	Frequência das espécies de <i>Ithomia</i>	48	0	33	0
	<i>Mechanitis lysimnia lysimnia</i> (Fabricius, 1793) <sup>2</sup>	0	0	0	0
	<i>Mechanitis polymnia casabranca</i> Haensch, 1905 <sup>1</sup>	0	0	0	0
	<i>Oleria aquata</i> (Weymer, 1875) <sup>1</sup>	5	0	1	1
	<i>Placidina euryanassa</i> (C. Felder & R. Felder, 1860) <sup>3</sup>	0	0	0	0
	<i>Pseudoscada erruca</i> (Hewitson, 1855) <sup>3</sup>	4	0	3	0
	<i>Pteronymia carlia</i> (Geyer, 1832) <sup>1</sup>	3	0	0	33
	<i>Pteronymia euritea</i> (Cramer, 1780) <sup>3</sup>	17	7	21	3
	<i>Thyridia psidii hippodamia</i> (Fabricius, 1775) <sup>3</sup>	0	11	0	0
Danainae	<i>Lycorea halia discreta</i> Haensch, 1900 <sup>3</sup>	0	36	0	35
	Número total de visitas registradas	686	698	788	318



As visitas concentraram-se no período matutino, entre 8:00 e 11:00h, foram esporádicas entre 11:00 e 15:00h e, após 15:00h, não foram observadas (Fig. 2). As Ithomiinae e Danainae visitaram entre 7:00 e 13:00h, as Arctiidae visitaram entre 07:00 e 12:00h; os Diptera e Hymenoptera foram observados somente entre 10:00 e 11:00h (Fig. 2).

Os lepidópteros, principalmente algumas espécies de Nymphalidae, foram os visitantes mais frequentes; destacaram-se, na subfamília Ithomiinae, *Brevioleria aelia plisthenes*, *Pteronymia euritea* e as espécies dos gêneros *Episcada* e *Ithomia* e, na subfamília Danainae, *Lycorea halia discreta* (Tab. 1). Com exceção de *B. aelia plisthenes* e de *P. euritea*, as demais espécies não foram registradas nos quatro dias de frequência (Tab. 1). Os demais insetos, com exceção da mosca *Ordina obesa*, tiveram frequência baixa ou nula (Tab. 1).



**Figura 2-** Número médio de visitas em flores de *Adenostemma brasilianum*, registradas a cada hora do dia, na Mata do Paraíso, em Viçosa, Minas Gerais.

### 3.4.DISCUSSÃO

A predominância de borboletas (Nymphalidae) e mariposas diurnas (Arctiidae) na polinização de *A. brasilianum* confirmou as suposições de MANI & SARAVANAN (1999), para os quais, 75% das espécies de Asteraceae são polinizadas por lepidópteros. Entretanto, pode-se verificar, pela frequência de visitação, o caráter inconstante desses insetos como polinizadores; a amplitude da porcentagem de visitação, em dias distintos, de uma dada espécie, variou de 0 a 48%. Essa inconstância parece ser recompensada pela diversidade de espécies, tal como registrada.

O comportamento de forrageio imprevisível dos lepidópteros favorece a xenogamia (MANI & SARAVANAN, 1999). Segundo SCHMITT (1980), esses insetos

podem se deslocar por longas distâncias e, por isso, garantem a manutenção do fluxo gênico inter e intrapopulacional (SCHINITT, 1980; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004); são, portanto, polinizadores muito eficientes (SCHINITT, 1980; MANI & SARAVANAN, 1999; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004). Em *A. brasilianum* a frutificação média em capítulos visitados por lepidópteros foi superior a 70%; nos quais, obteve-se cerca de 50% a mais de frutos que nos isolados dos visitantes (capítulo 2).

A diversidade de visitantes florais (38 insetos) pode ser considerada alta se comparada com duas outras espécies de Eupatorieae, *Mikania glomerata* e *M. hirssutissima*, estudadas na mesma área (MP). Nelas, EITERER (2005) observou, respectivamente, 17 e 21 espécies de insetos. CERANA (2004), entretanto, registrou 63 espécies de insetos em flores de *M. urticifolia*.

A diversidade de insetos (cerca de 66% deles) registrados em flores de indivíduos de *A. brasilianum*, cultivados no HB, área antrópica, foi surpreendente. Esta alta diversidade pode ter sido favorecida pela proximidade do HB com a Mata da Biologia, um fragmento florestal, com aproximadamente 75 ha (PAULA *et al.*, 2002) e distante cerca de um quilômetro. VIEIRA & GRABALOS (2003) também mencionaram esse fragmento como fonte de agentes polinizadores de outras espécies cultivadas no HB, típicas das matas locais. O cultivo de vários indivíduos próximos de *A. brasilianum* deve ter aumentado a atratividade, concentrando o odor e a disponibilidade de recursos.

Os 79% dos insetos registrados na MP era esperado, pois se trata do maior fragmento florestal de Viçosa e em estágio sucessional avançado (*cf.* RIBON, 1998). Na MP, os insetos, em especial os lepidópteros, têm condições favoráveis para completar todo o seu ciclo de vida, pois são dependentes de outras fontes específicas de alimento na fase larval (DRUMMOND & BROWN Jr., 1987; FREITAS, 1993; BROWN Jr. & FREITAS, 1994; FREITAS, 1996; RUSZCZYK & NASCIMENTO, 1999; BROWN Jr. & FREITAS, 2000a e COSTA, 2002).

O néctar, como principal recurso oferecido por *A. brasilianum*, é compatível com os seus principais polinizadores, os lepidópteros, que possuem aparelho bucal longo, especializado para sugarem-no das flores com tubos estreitos (PROCTOR & YEO, 1979), tal com são as de *A. brasilianum*.

As visitas às flores *A. brasilianum* exclusivamente por machos de Ithomiinae, confirmou as observações realizadas por BROWN Jr. (1984a; b). Esses insetos se alimentam de néctar enriquecido de PA, tal qual o de *A. brasilianum* (BROWN Jr. 1984a), e acumula esse alcalóide em seus tecidos, tornando-se impalatáveis, e nos

espermatóforos; que durante a cópula, são transferidos para as fêmeas, tornando-as também impalatáveis (BROWN Jr., 1987). As fêmeas, por sua vez, depositam parte destes alcalóides nas paredes dos ovos, que ficarão protegidos, mesmo que parcialmente, contra seus predadores (BROWN Jr., 1984a; 1987). As fêmeas de Ithomiinae se alimentam, basicamente, em fezes de aves (RAY & ANDREWS, 1980).

Os lepidópteros são os insetos mais estudados em relação à utilização do PA e todos os trabalhos têm demonstrado a importância deste alcalóide no ciclo de vida de algumas borboletas, principalmente as da subfamília Ithomiinae (BROWN Jr., 1984b; 1987; BROPPRÉ, 1990). É uma característica evolutiva importante para o grupo, visto que favorece a proteção das fêmeas e somente os machos se expõem aos predadores, durante a captura do PA nas flores (BROWN Jr., 1984a; b). Os machos que capturam maior quantidade de PA, tendem a produzir mais feromônio e são mais impalatáveis, elevando suas chances de cópula e sobrevivência e, dessa forma, deixarão mais descendentes (BROWN Jr., 1984a; b, 1987; BROPPRÉ, 1990).

Como as borboletas Ithomiinae dependem das plantas produtoras do PA (BROWN Jr., 1984a; b) e *A. brasilianum* depende dessas borboletas para maximizar sua produção de frutos (capítulo 2), é possível sugerir que exista uma relação de dependência entre esses insetos e essa asterácea. Para BROWN Jr. (1984a) existe uma interação química, fisiológica, morfológica e comportamental entre as Ithomiinae e a planta por elas polinizadas. Os dados do presente estudo reforçam essa dependência mútua, considerando a diversidade e as frequências registradas desses insetos em flores de *A. brasilianum* e a frutificação obtida após as visitas (capítulo 2).

Borboletas têm sido muito usadas como indicadoras da “qualidade” de habitats florestais (BROWN Jr., 1992; BROWN Jr. & FREITAS, 2000b), pois são muito diversas e abundantes, de fácil visualização, amostragem e identificação; comuns o ano inteiro e respondem rapidamente a alterações ambientais e mudanças na paisagem (FREITAS & BROWN Jr., 2003). Além disso, em muitos casos, o ciclo de vida de algumas espécies está estreitamente relacionado ao de suas plantas hospedeiras e, por não armazenarem seu alimento, esses insetos dependem da disponibilidade de recursos ao longo de todo o ano. CORRÊA *et al.* (2001) observaram que *Heliconius erato* *Phyllis* utiliza predominantemente espécies herbáceas e comentam sobre a importância deste estrato para o sucesso dos adultos de Lepidoptera. Segundo os mesmos autores, esse estrato tem sido desprezado em estratégias de manejo, sendo muitas vezes eliminado em áreas residenciais, parques e outros. Na MP também se observou comportamento semelhante em relação ao seu estrato herbáceo. Nessa reserva não

existe uma listagem dos Lepidoptera e a presente pesquisa demonstrou que, embora a área tenha sido alterada em décadas anteriores, ainda preserva uma considerável diversidade (32 táxons) de Nymphalidae (Ithomiinae e Danainae) e Architiidae.

### 3.5. CONCLUSÕES

-As flores de *Adenostemma brasilianum* foram visitadas por 38 insetos, dos quais 84% são lepidópteros das famílias Arctiidae (mariposas diurnas) e Nymphalidae (Ithomiinae e Danainae, borboletas).

-As borboletas são os principais polinizadores, representadas por 19 espécies, e podem ser consideradas eficientes, visto que otimizaram a frutificação em *A. brasilianum*.

-O principal recurso coletado pelos lepidópteros é o néctar; o pólen é retirado por pequenas abelhas e pela mosca *Ordina obesa*.

-Dentre as espécies de Ithomiinae, todos são machos e, conforme já descrito na literatura, eles buscam alcalóide pirrolidizínico, presente no néctar.

-Reforça-se a hipótese de que existe uma relação de co-dependência entre as borboletas Ithomiinae e *A. brasilianum*.

### 3.6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L.M.; Ribeiro-Costa, C.S. & Marinoni, L. 1998. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos Editora, Ribeirão Preto, 78p.
- Almeida, A.M.; Prado, P.I. & Lewinsohn, T.M. 2004. Geographical distribution of Eupatorieae (Asteraceae) in South-eastern and South Brazil mountain ranges. **Plant Ecology** **174**: 163-181.
- Armbruster, W.S. & McGuire, A.D. 1991. Experimental assement of reproductive interactions between sympatric *Aster* and *Erigeron* (Asteraceae) in interior Alaska. **American Journal of Botany** **78**: 1449-1457.
- Baker, J.G. 1976. Compositae II-Eupatorieae. *In*: Martius C.P.V. & Eichler, A.W. Eds. **Flora Brasiliensis** **6**: 181-374.
- Barroso, G.M.; Peixoto, A.L.; Costa, C.G.; Ichaso, C.L.F.; Guimarães, E.F. & Lima, H.C. 1991. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. v.3. Imprensa Universitária UFV, 326p.
- Berry, P.E. & Calvo, R.N. 1989. Wind pollination, self compatibility, and altitudinal shifts in pollination systems in the high Andean genus *Espeletia* (Asteraceae). **Journal of Ecology** **76**: 1602-1614.
- Bremer, K. 1994. **Asteraceae - cladistic & classification**. Timber Press, Oregon, 752p.
- Boppré, M. 1990. Lepdoptera and alkaloids pirrolidizínicos: Exemplification of complexity in chemical ecology. **Journal of Chemical Ecology** **34**: 586-600.
- Brown Jr., K.S. 1984a. Adult-obtained pyrrolidizine alkaloids defend Ithomiinae butterflies against a spider predator. **Nature** **309**: 707-709.
- Brown Jr., K.S. 1984b. Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult Ithomiinae (Lepdoptera: Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia** **44**: 435-46.

- Brown Jr., K.S. 1987. Chemistry at the Solanaceae/Ithomiinae interface. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **74**: 359-397.
- Brown Jr., K.S. 1992. Borboletas da Serra do Japi: Diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: L. P. C. Morellato (Org.), **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Editora da Unicamp, Campinas, 321p.
- Brown Jr., K.S & Freitas, A.V.L.F. 2000a. Diversidade de lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão** **11**: 71-118.
- Brown Jr., K.S & Freitas, A.V.L.F. 2000b. Atlantic forest butterflies: Indicators for Landscape conservation. **Biotropica** **32**: 934-946.
- Brown Jr., K.S. & Trigo, J.R. 1995. Ecological activities of the alkaloids. In: Cordell, G. (Ed.). **The Alkaloids**. Academic Press. New York, 462p.
- Bruneton, J. 1999. **Pharmacognosy**. Intercept, Paris, 1119p.
- Cerana, M.M. 2004. Flower morphology and pollination in *Mikania* (Asteraceae). **Flora** **199**: 168-177.
- Conner, W. E.; Boada, R.; Schroeder, F. C.; González, A.; Meinwald, J. & Eisner, T. 2000. The chemical defense: Bestowal of a nuptial alkaloidal germent by a male moth on its mate. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **97**: 14406-14411.
- Corrêa C.A.; Irgang, B.E. & Moreira, G.R.P. 2001. Estrutura floral das angiospermas usadas por *Heliconius erato* Phyllis (Lepdoptera, Nymphalidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia** **90**: 71-84.
- Correia, G.F. 1983. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do planalto de Viçosa**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87p.
- Costa, M.A.D. & Doni Filho, L. 2002. Aspectos do processo de produção agrícola na cultura da camomila [*Chamomilla recutia* (L.) Rauschert] no município de Mandirituba, Paraná. **Visão Acadêmica** **3**: 49-56.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press, New York, 1262p.
- Drummond, B. A. & Brown Jr., K. S. 1987. Ithomiinae (Lepdoptera: Nymphalidae): Summary of known larval food plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **74**: 341-358.
- Eiterer, M. 2005. **Estratégias reprodutivas de espécies co-ocorrentes de Mikania (Asteraceae)**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 45p.
- Faegri, K. & van der Pijl, L. 1971. **The principles of pollination ecology**. Pergamon Press Ltd., Oxford, 291p.
- Ferreira, S.C. 2006. **Asteraceae Martinov. em um fragmento florestal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Florística e aspectos reprodutivos**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 144p.
- Free, J.B. 1993. **Insect pollination of crops**. Academic Press. New York, 684 p.
- Freitas, A.V.L. 1993. Population biology of *Heterosais edessa* (Nymphalidae) and its associated Atlantic Forest Ithomiinae community. **Journal of the Lepidopterists Society** **43**: 87-105.

- Freitas, A.V.L. 1996. Population biology of *Heterosais edessa* (Nymphalidae) and its associated Atlantic Forest Ithomiinae community. **Journal of the Lepidopterists Society** **50**: 273-289.
- Grombone-Guaratini, M.T.; Solferini, V.N. & Semir, J. 2004. Reproductive biology in species of the *Bidens* L. (Asteraceae). **Science Agriculture** **61**: 185-189.
- Gross, R.S. & Werner, P.A. 1983. Relationships among flowering phenology, insect visitors and seed-set of individuals: experimental studies on four co-occurring species of goldenrod (*Solidago*: Compositae). **Ecological Monographs** **53**: 95-117.
- Guariguata, M.R. 1988. Seed bank dynamics and germination ecology in *Espeletia timotensis* (Compositae), an Andean Giant Rosette. **Biotropica** **20**: 54-59.
- Hartmann, T. & Witte, L. 1995. Chemistry, biology and chemoecology of the pyrrolizidine alkaloids. 155-233p. In: (Ed.). **Alkaloids – Chemical and Biological Perspectives**. Pergamon Press, Oxford, 498p.
- Hartmann, T. 1999. Chemical ecology of pyrrolizidine alkaloids. **Planta** **207**: 488-495.
- Karam, F.S.C.; Méndez, M.C.; Jarenkow, J.A. & Riet-Correa, F. 2002. Fenologia de quatro espécies tóxicas de *Senecio* (Asteraceae) na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira** **22**: 33-39.
- King, R.M. & Robinson, H. 1987. The genera of the Eupatorieae (Asteraceae). **Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden** **22**: 1-63
- Lane, A.M. 1996. Pollination biology of compositae. p. 61-80. In: Hind, D.J.N. (ed.). **Compositae: Biology & utilization**. The Royal Botanical Gardens, New York, 945p.
- Leal-Filho, N. 1992. **Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma vegetação na Zona da Mata de Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 116p.
- Mani, M.S. & Saravanan, J.M. 1999. **Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. Science Publishers, New Hampshire, 166p.
- Matzembacher, N.I. 1998. **O complexo Senecionioide (Asteraceae- Senecioneae) no Rio Grande do Sul- Brasil**. Tese Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 274p.
- Moraes, M.D. 1997. **A família Asteraceae na planície Litorânea de Picinguaba município de Ubatuba-SP**. Tese Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154p.
- Paiva, J.A. & Barata, L.E.S. 2004. Pirrolizidine alkaloids in three *Senecio* species from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology** **32**: 1219-1222.
- Paula, A.; Silva, A.F., Souza, A.L. & Santos, F.A.M. 2002. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa-MG. **Revista Árvore** **26**: 743-749.
- Proctor, M.C.F. & Yeo, P. 1978. **The pollination of flowers**. William Collins Sons & Co Ltd Glasgow, Great Britain, 498p.
- Pruski, J.F. & Sancho, G. 2004. Asteraceae. In: N, Smith (eds.) **Flowering plants systematics**. Harper & Row, New York, 891p.
- Ray, T.S. & Andrews, C.C. 1980. Ant butterflies: butterflies that follow army ants to feed on ant-bird droppings. **Science** **210**: 1147-1148.

- Ribon, R. 1998. **Fatores que influenciam a distribuição da avifauna em fragmentos de Mata Atlântica nas montanhas de Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 116p.
- Richards, A.J. 1997. **Plant breeding systems**. George Allen and Unwin, London. 528p.
- Rizzini, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Âmbito Cultural, São Paulo, 747p.
- Robins, D.J. 1977. Senecioneae – Chemical review. p.21-39, *In*: Heywood, V.H.; Harborne; J.B. & Tumer; B. L. (Eds.). **The biology and chemistry of the Compositae**. v. 1 Academic Press Inc., London, 589p.
- Roitman, G.G. 1995. Comportamiento reproductivo de *Grindelia chiloensis* (Asteraceae). **Darwiniana** **33**: 21-26.
- Romero, G.Q. & Vasconcelos-Neto, J. 2005. Flowering phenology, seed set and orthopod guilds in *Trichogoniopsis adenantha* (DC) (Asteraceae) in south-east Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 171-178.
- Ruszczyk, A. & Nascimento, E.S. 1999. Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian Savana. **Revista Brasileira de Biologia** **59**: 577-583.
- Sazima M. & Machado I.C.S. 1983. Biologia floral de *Mutisia coccinia* ST. Hil. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica** **6**: 106-108.
- Schmitt, J. 1980. Semiochemicals derived from pyrrolizidine alkaloids in male ithomiine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). **Evolution** **35**: 934-943.
- Schulz, S.; Bacaloni, G.; Brown Jr., K.S.; Boppré, M.; Freitas, A.V.L.; Ockenfels, P. & Trigo, J.R. 2004. Dormancy and germination of wild *Helianthus* species. **Biochemical Systematics and Ecology** **32**: 699-713.
- Silva, K.L. & Trigo, J.R. 2002. Structure-Activity relationships of pyrrolizidine alkaloids in insect chemical against the orb-weaving spider *Nephila clavipes*. **Journal of Chemical Ecology** **28**: 657-668.
- Spina, A.P.; Ferreira, W.M. & Leitão Filho, H.F. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). **Acta Botânica Brasílica** **15**: 349-368.
- Trigo, J.R. 2000. The chemistry of antipredator defense by secondary compounds in neotropical lepidoptera: Facts, perspectives and caveats. **Journal Brazilian of Chemical Society** **11**: 551-561.
- Trigo, J.R.; Witte, L.; Brown Jr., K.S.; Hartmann, T. & Barata, L.E.S. 1993. Pyrrolizidine alkaloids in the archiid moth *Hyalurga syma*. **Journal of Chemical Ecology** **19**: 669-667.
- Trigo J.R., Brown Jr., K.S., Henriques, S.A. & Barata, L.E.S. 1996. Qualitative patterns of pyrrolizidine alkaloids in Ithomiinae butterflies. **Biochemical Systematic and Ecology** **24**: 181-188.
- Veloso, H.P.; Rangel-Filho, A.L. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 584p.
- Vieira, M.F. & Grabalos, R. 2003. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexie* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. **Acta Botânica Brasílica** **17**: 137-145.

## Capítulo 4

### Germinação e qualidade de sementes em *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Asteraceae)

#### RESUMO

O néctar das flores de *Adenostemma brasilianum* possui alcalóide pirrolidizínico que é fundamental ao ciclo de lepidópteros Nymphalidae e Arctiidae. Visando facilitar seu cultivo, especialmente em borboletários, objetivou-se estabelecer as condições ótimas para a germinação de suas sementes, além de avaliar a sua longevidade, qualidade física, teor de água e local de embebição. Foram utilizadas sementes oriundas de população natural, uma reserva de Floresta Atlântica denominada “Mata Paraíso”, em Viçosa (20°45’S e 42°51’W), Zona da Mata de Minas Gerais. Sementes recém-colhidas foram germinadas em caixas gerbox em diferentes condições: temperaturas (20°C, 25°C e 30°C) e regimes de luminosidade (suplementação de luz- SUP, luz ambiente- AMB, escuro contínuo- ESC), em quatro repetições, com 50 sementes cada. Foi realizada contagem diária de plântulas, durante 27 dias consecutivos. Para testar a longevidade, sementes foram armazenadas a  $\pm 20^\circ\text{C}$  por dois, quatro, seis, doze e dezoito meses, e submetidas às mesmas análises. A qualidade física das sementes foi obtida através da classificação das sementes produzidas na população natural nas categorias: perfeitas (com pericarpo carbonizado e embrião) e imperfeitas (sem embrião ou hialinas). O teor de água foi estabelecido antes e após o armazenamento. Teste de dormência e local de embebição foram realizados com o auxílio dos reagentes tetrazólio e azul de anilina. A partir do oitavo dia após a sementeira, observaram-se as primeiras sementes germinadas e o processo de desenvolvimento da plântula durou de dois a três dias. Os fatores luz, temperatura e tempo de armazenamento agiram simultaneamente sobre a germinação; entretanto, quando submetidas às variadas condições de temperatura e de tempos de armazenamento, as sementes que receberam luz SUP atingiram porcentagens de germinação superiores às submetidas aos dois outros regimes de luminosidade. Constatou-se que a melhor condição para germinação das sementes é 25°C SUP, para a qual se obteve 85,5% de germinação. A dormência foi constatada tanto na presença quanto na ausência de luz, em função da baixa temperatura (20°C). A mortalidade e quebra de dormência aumentaram com o tempo de armazenamento. A longevidade das sementes é curta, se comparada a outras Asteraceae herbáceas; aos seis meses obteve-se 25% de germinação e 12 meses, 0%. O capítulo possui, em média, 31 sementes, sendo 25,3% delas imperfeitas, dentre as quais cerca de 10% são frutos partenocárpicos. O teor de água reduziu ao longo do tempo de armazenamento, partindo de 9,5%, nas sementes recém-colhidas, e chegando ao limite de 6%, nas armazenadas por seis meses. A embebição das sementes ocorreu após 24h, através, provavelmente, do carpopódio, embora para outras Asteraceae seja descrito um pequeno orifício, pelo qual, além da embebição, também ocorre a emissão da radícula durante a germinação. A plasticidade germinativa de *A. brasilianum* é característica vantajosa, visto que possibilita a germinação mesmo sob condições ambientais adversas, e deve estar relacionada ao fato da planta ser silvestre.



#### 4.1. INTRODUÇÃO

*Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. é uma planta herbácea e anual (MORAES, 1997), que raramente ultrapassa um metro de altura. No Brasil, sua distribuição está restrita aos estados do sudeste, além de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em formações florestais (BAKER, 1976; MORAES, 1997). É citada na literatura como produtora de alcalóide pirrolidizínico (BROWN Jr., 1984a; b; BROWN Jr., 1987; TRIGO *et al.*, 1996; TRIGO, 2000; SILVA & TRIGO, 2002), secretado juntamente com o néctar das flores. Este alcalóide é fundamental na complementação do ciclo vital de borboletas (Nymphalidae) e mariposas (Arctiidae), por ser precursor da rota biossintética de feromônios, além de conferir impalatabilidade a estes lepidópteros, defendendo-os contra predadores (BROWN Jr., 1984a; b; BOPPRÉ, 1990; TRIGO *et al.*, 1996; PAIVA & BARATA, 2004).

Estudos sobre a germinação de espécies de Asteraceae têm sido realizados por diversos autores (FIGUEREDO, 1975; SHELDON, 1974; BASKIN & BASKIN, 1979; LAWRENCE, 1980; GRIME *et al.*, 1981; FORSYTH & VAN-SATADEN, 1983; HILTON, 1983; GARCIA, 1987; LADEIRA *et al.*, 1987; TANOWITZ *et al.*, 1987; BASKIN & BASKIN, 1988; GUARIGUATA, 1988; KLEIN & FELIPPE, 1991; REDDY & SINGH, 1992; CORDAZZO & SOUZA, 1993; PEREZ-GARCIA, 1993; CARNELOSSI *et al.*, 1995; GARCIA & SHARIF, 1995; ALTOM & MURRAY, 1996; SEILER, 1996; MALUF & WIZENTIER, 1998; SASSAKI *et al.*, 1999; FERREIRA *et al.*, 2001; BORGHTTI *et al.*, 2002; CORDAZZO & SPANÓ, 2002; GOMES & FERNANDES, 2002; VELTEN, 2004; VELTEN & GARCIA, 2005), muitos dos quais se referem a espécies cultivadas, daninhas e ornamentais. Estas pesquisas avaliaram, principalmente, diferentes aspectos da germinação, dentre eles os fatores limitantes à sua ocorrência (SHELDON, 1974; GRIME *et al.*, 1981; FORSYTH & VAN-STADEN, 1983; KLEIN & FELIPPE, 1991; SASSAKI *et al.*, 1999; FERREIRA *et al.*, 2001) e a influência dos fatores ambientais, tais como luz e temperatura, sobre a porcentagem de germinação (HILTON, 1983; GARCIA, 1987; BASKIN & BASKIN, 1988; PEREZ-GARCIA, 1993; SEILER, 1996; VELTEN & GARCIA, 2005). Alguns trabalhos abordaram a indução e quebra de dormência das sementes (GARCIA & SHARIF, 1995; SEILER, 1996; VELTEN, 2004) e a formação do banco de sementes (GUARIGUATA, 1988; VETEN, 2004). Entretanto, aspectos da germinação de sementes de espécies silvestres em Asteraceae, de regiões tropicais, são escassos (FIGUEREDO, 1975; GUARIGUATA, 1988; CORDAZZO & SOUZA, 1993; SASSAKI *et al.*, 1999;

FERREIRA *et al.*, 2001; CORDAZZO & SPANÓ, 2002; GOMES & FERNANDES, 2002; VELTEN, 2004; VELTEN & GARCIA, 2005).

O processo de germinação é extremamente complexo e sofre influência de diversos fatores ambientais, dentre eles a luz, a temperatura, a umidade e os gases atmosféricos (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1979; POPINIGIS, 1985; BASKIN & BASKIN, 1988). Estes efeitos podem ser avaliados a partir de mudanças ocasionadas na porcentagem, velocidade e frequência relativa de germinação, ao longo do tempo de incubação (LABOURIAU & PACHECO, 1978). Entretanto, uma incapacidade da semente em germinar pode ocorrer mesmo quando existem condições externas favoráveis para tal, caracterizando a dormência (AMEN, 1968).

A dormência é considerada uma adaptação à sobrevivência das espécies em longo prazo e uma estratégia evolutiva importante para o sucesso reprodutivo de muitos vegetais. Interpretada como um processo que distribui a germinação por um dado período de tempo, a dormência mantém as sementes viáveis, tornando irregular ou bloqueando a germinação em condições desfavoráveis à futura planta. Deste modo, são maiores as chances de sementes germinarem em condições ambientais favoráveis e de desenvolverem-se em plantas adultas (AMEN, 1968; GILL & BLACKLOW, 1985). Além disso, também ficam ampliadas as possibilidades de dispersão de sementes em longas distâncias, antes que iniciem o processo de germinação (SEILER, 1996).

Considerando a importância dos estudos de germinação para a propagação, regeneração e conservação florestal (LABOURIAU, 1983), o objetivo foi estudar o comportamento germinativo das sementes de *A. brasilianum* oriundas de população natural, para estabelecer as condições ótimas de germinação visando o manejo da espécie e seu cultivo, principalmente, em borboletários. Além disso, foram avaliados a qualidade física, o teor de água e o local de embebição das sementes.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1. Local de amostragem**

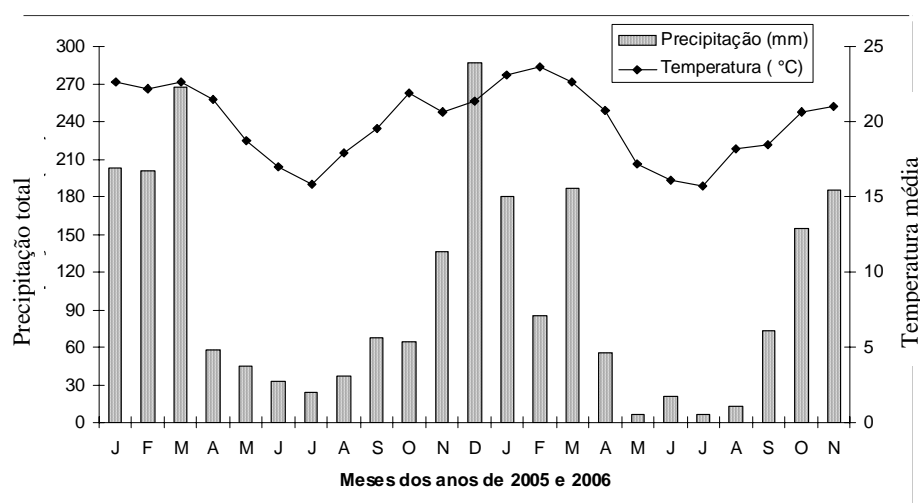
A pesquisa foi desenvolvida ao longo de oito meses, iniciada em janeiro de 2006, utilizando-se sementes oriundas de indivíduos de população natural de *Adenostemma brasilianum* na Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso ou popularmente conhecida por Mata do Paraíso (MP).

A MP é o maior fragmento florestal do município de Viçosa, Zona da Mata Mineira, localizada nas coordenadas geográficas de 20°45'S de latitude sul e 42°51'W de longitude oeste e pertence à Universidade Federal de Viçosa (UFV). No século XIX,

foi desmatada, tendo ocorrido intensa retirada de madeira, passando sucessivamente por cultivos, principalmente de café e pastagens (LEAL-FILHO, 1992). De acordo com CASTRO (1980), a mata existente é de regeneração secundária, com um pequeno plantio de *Pinus* e *Eucalyptus* com sub-bosque.

Sua vegetação nativa foi definida por VELOSO *et al.* (1991) como Floresta Estacional Semidecidual, em parte caducifólia, que, conforme RIZZINI (1997) faz parte dos domínios da Floresta Atlântica. Abrange aproximadamente 194,6 ha com altitudes que variam de 720 a 880 m (LEAL-FILHO, 1992) e apresenta relevo ondulado e montanhoso (CORREIA, 1983).

O clima de Viçosa, segundo classificação de Köppen, é definido como Cwa, ou seja, subtropical com chuvas de verão (Fig. 1). As médias anuais de umidade relativa e precipitação são, respectivamente, 80% e 1.345 mm (ROMANOVISKI, 2001). As temperaturas médias anuais variam entre 19 e 22°C (CASTRO, 1980), sendo a máxima do mês mais quente 22°C, verões frescos e chuvosos e invernos frios e secos (ROMANOVISKI, 2001). Cerca de 80% das chuvas ocorrem entre outubro e março, período chuvoso, e os 20% restantes, entre abril e setembro, período seco (OLIVEIRA-JUNIOR & DIAS, 2005).



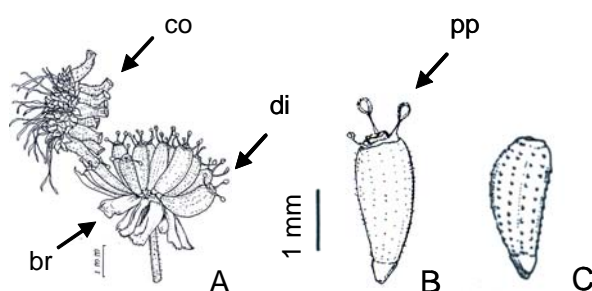
**Figura 1.** Dados climatológicos para os anos de 2005 (de janeiro a dezembro) e 2006 (de janeiro a novembro) para o município de Viçosa, Minas Gerais. Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa.

Na área de estudo, os indivíduos de *A. brasilianum* são abundantes e ocorrem, principalmente, no interior da mata; nas bordas restringem-se às áreas sombreadas a parcialmente sombreadas, com solos úmidos (FERREIRA, 2006).

#### 4.2.2. Teste de qualidade e preparação das sementes

Neste trabalho foi utilizado o termo semente como sinônimo de fruto (cipsela com pericarpo carbonizado, enegrecido) e papilho, por estes serem, juntamente com a semente, a unidade de dispersão (diásporo; BREMER, 1994) (Fig. 2B-C). Como o capítulo é a inflorescência típica das asteráceas, as unidades de coleta de sementes foram os capítulos em pré-dispersão, ou seja, que apresentavam as brácteas involucrais reflexas e os diásporos visíveis (Fig. 2A).

A qualidade física das sementes foi obtida registrando-se as porcentagens de sementes perfeitas (com pericarpo carbonizado e embrião) e de sementes imperfeitas (sem embrião e hialinas), produzidas na população natural. Para tanto, cinco capítulos foram coletados de cinco diferentes indivíduos (total de 25 capítulos), escolhidos aleatoriamente na MP, e suas sementes foram contadas e analisadas sob microscópio estereoscópico.



**Figura 2.** *Adenostemma brasilianum*: A- capítulo em pré-dispersão: com partes florais senescentes, incluindo corola (co), e brácteas involucrais (br) reflexas; B- diásporo (di), representado pelo fruto e papilho (pp); C- “semente” preparada para germinação.

Outros capítulos foram coletados e as sementes foram individualizadas, contadas e os papilhos removidos (Fig. 2C). Posteriormente, foram analisadas sob microscópio estereoscópico separando-se as sementes morfológicamente perfeitas das sementes morfológicamente imperfeitas. Neste caso, entretanto, as sementes consideradas morfológicamente perfeitas não foram avaliadas quanto à presença de embrião, pois haveria necessidade de danificá-las. Uma porção delas foi utilizada imediatamente para os testes de germinação (sementes recém-colhidas) e as demais foram armazenadas em sacos de papel, por dois, quatro, seis, doze e dezoito meses, para testes posteriores. Esses sacos foram mantidos em laboratório, à temperatura constante de 20°C.

### 4.2.3. Germinação

Amostras de 50 sementes recém colhidas em quatro repetições foram colocadas para germinar em caixas plásticas de germinação “gerbox”, sobre camada tripla do substrato papel de filtro do tipo “germitest”, embebida com água destilada na proporção de 3,5 vezes o peso do papel e mantidas em germinadores do tipo Mangelsdorff, quando necessário, adicionou-se água para umedecer o papel.

As sementes foram submetidas a três diferentes temperaturas (20, 25 e 30°C) e três diferentes regimes de luz: SUP - Com suplementação de luz fluorescente e fotoperíodo de 8h; AMB - Luz ambiente; e ESC - Escuro contínuo. Neste último caso, as caixas foram envolvidas com camada dupla de papel alumínio e só foram abertas uma vez, para a contagem final, para não haver entrada de luz.

As avaliações da germinação foram diárias, durante 27 dias consecutivos, (estabilização da germinação), quando eram retiradas as plântulas normais, ou seja, com raiz primária, hipocótilo e cotilédones completamente expandidos (Fig. 4E) exceto na condição ESC, conforme relatado acima, em que todas as plântulas só foram retiradas no final do experimento. Para as condições SUP e AMB, foi também calculada a velocidade de germinação (VG), conforme sugerido por VIEIRA & CARVALHO (1994), através da seguinte expressão:

$$VG = (G_1 \times N_1) + (G_2 \times N_2) + \dots + (G_n \times N_n) / G_1 + G_2 + \dots + G_n \text{ onde:}$$

VG = velocidade de germinação;  $G_{1,2 \dots n}$  = número plântulas normais retiradas do experimento a cada dia de análise;  $N_{1,2 \dots n}$  = número de dias decorridos da semeadura até a respectiva contagem.

Ao finalizarem os testes, as sementes não germinadas foram contadas e avaliadas, sob microscópio estereoscópico, para verificar a presença ou ausência do embrião. Todas as sementes que não germinaram e continham embrião foram testadas quanto à dormência. Para tal, o embrião de cada semente foi retirado e imerso em solução de tetrazólio a 0,075%, por aproximadamente uma hora, a 25°C. Os embriões com coloração rósea foram considerados dormentes e os que não se coraram foram considerados mortos (*cf.* BITTENCOURT, 1999).

Para testar a longevidade, as sementes armazenadas por 2, 4, 6 meses foram submetidas aos testes de germinação, sob as mesmas condições descritas anteriormente para as sementes recém-colhidas. Sementes armazenadas por 12 e 18 meses foram testadas quanto a germinação, somente sob a condição de 25°C SUP.

Para identificar o local por onde ocorre a embebição, algumas sementes sem papilho, foram colocadas em solução de azul de metileno a 0,1% (SHELDON, 1974),

por 12 e 24 horas. Posteriormente, foram cortadas longitudinalmente com lâmina de barbear e observadas em microscópio estereoscópico. Os locais coloridos de azul corresponderam ao percurso da água, ao penetrar a semente. O grau de umidade das sementes foi verificado em duas amostras de 300 unidades, para cada tempo de armazenamento, e calculado conforme BRASIL (1992).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Adotou-se um esquema de parcelas subdivididas, colocando-se o fatorial 3 x 3 (3 temperaturas x 3 regimes de luminosidade) na parcela e quatro tempos de armazenamento (zero, 2, 4 e 6 meses) nas subparcelas. Os resultados dos testes de germinação realizados com sementes armazenadas por 12 e 18 meses não entraram nas análises estatísticas.

Embora os dados estejam apresentados nas tabelas em forma de porcentagem, foram transformados em arco seno para que fossem realizadas as análises estatísticas. Em todos os testes aplicados os pressupostos foram observados e cumpridos conforme ZAR (1999); o teste de Tukey foi utilizado ao nível de significância de 5% (GOMES, 1987).

#### 4.3. RESULTADOS

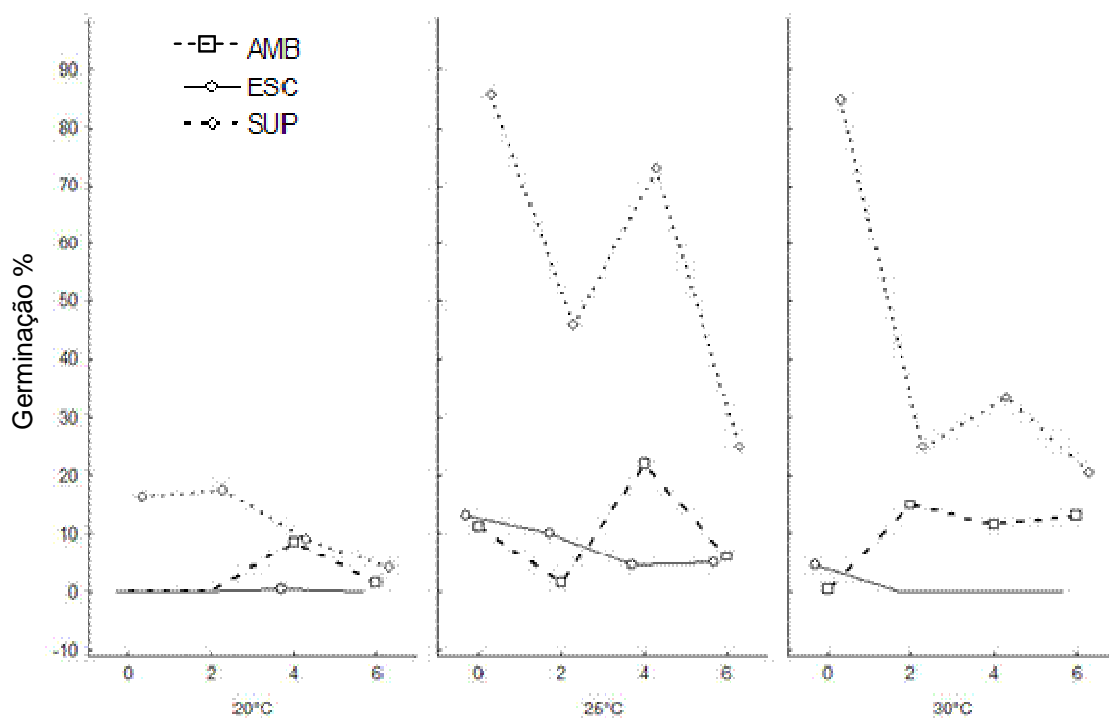
Na população natural verificou-se que no capítulo, em média, encontraram-se 31 sementes (Tab. 1), 74,7% delas perfeitas. Dentre as imperfeitas, cerca de 10% apresentavam-se com aparência de perfeitas, embora desprovida de embrião, caracterizando a partenocarpia (produção de frutos sem semente).

**Tabela 1.** Quantidade e qualidade das sementes de capítulos em pré-dispersão, de *Adenostemma brasilianum*, em população natural da Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais.

Condição	Total (no.)	Perfeitas (no./ %)	Imperfeitas (no./ %)
Por capítulo ( $\bar{X} \pm DP$ )	31 $\pm$ 7,6	24 $\pm$ 8,3/ 73	8 $\pm$ 4,6/ 27
No lote de 25 capítulos	787	588/ 74,7	199/ 25,2

As maiores porcentagens germinação foram observadas nas sementes recém-colhidas e submetidas às temperaturas 25 e 30°C SUP, para as quais obteve-se respectivamente, 86 e 88% (Fig. 3 e Tab. 2); estes valores não diferiram estatisticamente, conforme teste de Tukey (Tab. 2). Nas demais condições de luz e temperatura e em todos os tempos de armazenamento, as porcentagens de germinação

foram inferiores a 46%, exceto à 25°C SUP em sementes armazenadas por quatro meses (Tab. 2).

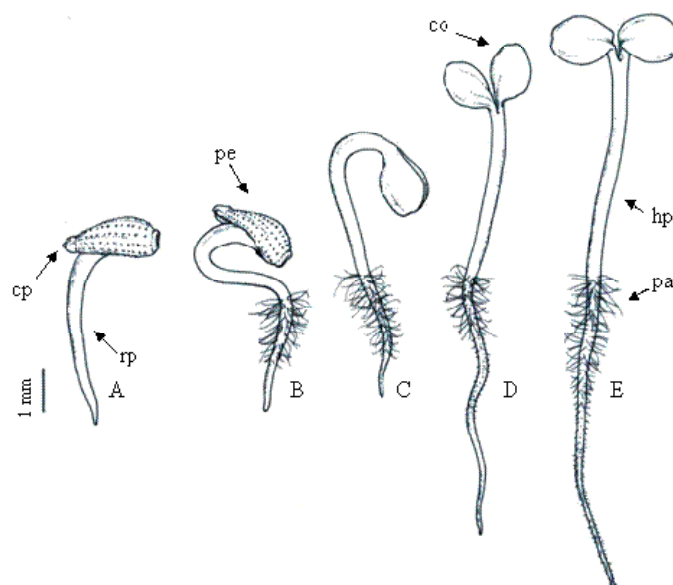


**Figura 3.** Representação gráfica do efeito das diferentes condições: temperaturas (20, 25 e 30°C), regimes de luminosidade (SUP, AMB e ESC) e tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses), sobre a porcentagem de germinação em sementes de *Adenostemma brasilianum*.

A partir do oitavo dia após a sementeira, observaram-se as primeiras sementes germinadas e o processo de desenvolvimento da plântula durou de dois a três dias (Fig. 4). O início da germinação foi caracterizado pelo rompimento do pericarpo, na região próxima ao carpopódio, e desenvolvimento da raiz primária, que se apresentou alongada, pouco sinuosa (Fig. 4A) e de coloração branca. Os pêlos absorventes desenvolveram-se antes da queda do pericarpo (Fig. 4B). Com a queda, ocorreu a exposição dos cotilédones e expansão do hipocótilo (Fig. 4C). Os cotilédones expostos (Fig. 4D), rapidamente, adquiriram coloração verde, e, em seguida, expandiram-se totalmente (Fig. 4E); nessa ocasião, ocorreu o crescimento da raiz primária (Fig. 4D, E).

A análise de variância mostrou que os fatores luz, temperatura e tempo de armazenamento agem simultaneamente sobre a germinação de *A. brasilianum* ( $F=8.29$ ;  $g.l.=12$ ;  $p= 0,0000$ ). Entretanto, quando submetidas às variadas condições de temperatura e de tempos de armazenamento, as sementes que receberam luz SUP

atingiram porcentagens de germinação superiores às submetidas a dois outros regimes de luminosidade (AMB e ESC) (Fig. 3 e Tab. 2).



**Figura 4.** Germinação da semente de *Adenostemma brasilianum*. co-cotilédone; cp- carpopódio; hp- hipocótilo; pa- pêlos absorventes; pe- pericarpo; rp- raiz primária.

Os resultados dos testes de germinação de sementes recém-colhidas (0 meses) e armazenadas (2, 4 e 6 meses) encontram-se na Tabela 2. As sementes armazenadas por 12 e 18 meses não germinaram e o teste com tetrazólio demonstrou que estavam mortas.

**Tabela 2.** Resultados da germinação das sementes de *Adenostemma brasilianum*, submetidas a diferentes condições: temperaturas (20, 25 e 30°C), regimes de luminosidade (SUP, AMB e ESC) e tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses).

Condições	Meses			
	0	2	4	6
<b>SUP</b>				
20°	16,5 Ba	17,5 Aa	09,0 Bab	04,0 Bb
25°	85,5 Aa	46,0 Aab	73,0 Aab	25,0 Ab
30°	88,5 Aa	25,0 Ab	33,5 Aab	20,5 Ab
<b>AMB</b>				
20°	00,0 Bb	00,0 Bb	08,5 Aa	01,5 Bb
25°	11,0 Aab	01,5 Bc	22,0 Aa	06,0 Bb
30°	00,5 Bb	15,0 Aa	11,5 Aa	13,0 Aa
<b>ESC</b>				
20°	00,0 Ba	00,0 Ba	00,5 Ba	00,0 Ba
25°	13,0 Aa	10,0 Aab	05,4 Aab	04,5 Ab
30°	04,5 Aa	00,0 Bb	00,0 Bb	00,0 Bb

\*Letras maiúsculas correspondem a comparações em uma mesma coluna e minúsculas na linha. Letras iguais correspondem a valores estatisticamente iguais conforme teste Tukey para p=0,05.



As sementes testadas a 20°C AMB e ESC, em todos os tempos de armazenamento, apresentaram germinações, principalmente, nulas; nas demais temperaturas, as germinações foram baixas ou nulas (Fig. 3 e Tab. 2).

A velocidade de germinação e o dia da primeira germinação (Tab. 3) não apresentaram clara tendência de queda ou aumento, em relação às variáveis analisadas (tempos de armazenamento, temperaturas e regimes de luminosidade), exceto para a condição de 25°SUP, na qual houve queda do vigor e retardo na germinação à medida que aumentou o tempo de armazenamento. Entretanto, os resultados da Tabela 3 confirmaram os obtidos na Tabela 2, ou seja, as melhores condições de germinação são sementes recém-colhidas e submetidas a 25°C SUP. Nessas condições foram obtidas sementes vigorosas e germinadas ao oitavo dia (Tab. 3).

**Tabela 3.** Resultados da velocidade de germinação (VG) e início da germinação (IG), em dias, observados nos experimentos de germinação em *Adenostemma brasilianum*, em sementes submetidas a diferentes condições: temperatura (20, 25 e 30°C), regimes de luminosidade (SUP e AMB) e tempo de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses).

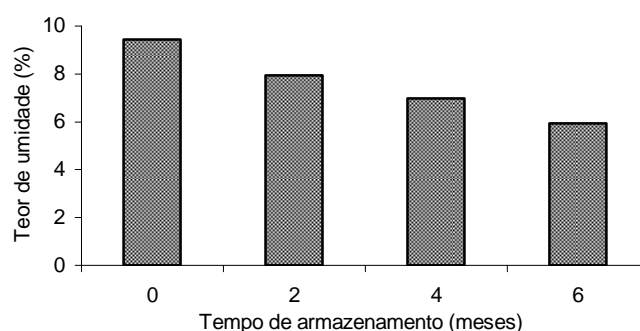
Condição	VG				IG			
	Meses				Meses			
	0	2	4	6	0	2	4	6
SUP								
20°	20	19	22	22	14	12	17	13
25°	15	17	17	20	8	8	12	12
30°	19	14	19	19	12	9	14	14
AMB								
20°	-	-	23	18	-	-	18	19
25°	23	22	17	19	20	20	12	15
30°	24	22	16	24	24	15	14	15

**Tabela 4.** Porcentagens médias de sementes sem embrião (SE), mortas (SM) e dormentes (SD) observadas ao final dos experimentos de germinação em *Adenostemma brasilianum*.

Condições	SE				SM				SD			
	Meses				Meses				Meses			
	0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
SUP												
20°	00,0	02,0	00,3	02,0	02,0	03,0	11,5	37,0	39,8	36,3	34,3	08,5
25°	02,8	04,0	07,5	06,5	03,0	07,0	03,1	24,8	01,5	16,0	02,8	09,1
30°	03,8	13,3	08,8	04,4	01,0	07,3	06,5	27,4	02,0	17,0	18,0	08,0
AMB												
20°	01,0	10,3	01,8	02,8	13,3	02,8	17,0	25,2	35,8	37,0	26,4	21,0
25°	00,8	10,5	01,8	05,8	24,0	28,3	15,8	23,5	19,8	31,7	21,5	17,3
30°	01,0	15,0	03,0	01,5	26,4	34,0	12,4	26,5	23,4	19,2	28,8	16,1
ESC												
20°	01,8	01,5	02,8	01,8	03,5	07,5	05,8	22,3	44,6	41,5	42,1	27,0
25°	00,8	03,3	06,5	03,0	01,5	03,0	19,0	20,9	42,3	36,5	22,0	22,3
30°	00,5	07,3	03,6	03,4	07,5	17,0	30,5	35,8	39,6	25,8	16,3	11,2

As porcentagens de sementes sem embrião (partenocarpia, Tab. 4) não apresentaram relação com as condições de temperatura, e regime de luminosidade e tempo de armazenamento ( $F=1,36$ ; g.l.=12;  $p=0,2040$ ). Entretanto, houve influência simultânea das condições de temperatura, regime de luminosidade e tempo de armazenamento sobre as porcentagens de sementes mortas ( $F=3,39$ ; g.l.=12;  $p= 0,0005$ ) e de sementes dormentes ( $F=8,82$ ; g.l.=12;  $p= 0,0000$ ). Houve a tendência de aumento da mortalidade e quebra da dormência, ao longo do tempo de armazenamento (Tab. 4). As sementes na condição ESC apresentaram as maiores porcentagens de sementes dormentes (Tab. 4).

As sementes mantidas por quatro horas em solução de azul de metileno apresentaram coloração azul apenas no carpópódio; após 24 horas, observou-se que grande extensão do mesocarpo e cotilédones corou, indicando que houve embebição. O teor médio de umidade, ao longo do tempo de armazenamento, decresceu gradualmente (Fig. 5).



**Figura 5.** Teor médio de água das sementes de *Adenostemma brasilianum* submetidas a diferentes tempos de armazenamento.

#### 4.4. DISCUSSÃO

A porcentagem de sementes perfeitas (74,5%) em *A. brasilianum* foi maior que as obtidas em outras espécies de Asteraceae, nas quais foram registradas porcentagens variando de 50 a 70% (MALUF & WIZENTIER, 1998; VELTEN, 2004). Entretanto, a espécie estudada apresentou porcentagens variáveis de sementes inviáveis (com embrião morto), indicando que o valor obtido de sementes perfeitas pode estar superestimado. Dentre as imperfeitas, encontram-se as providas de frutos partenocárpicos, que também foram observadas em outras espécies de asteráceas (MALUF & WIZENTIER, 1998; VELTEN, 2004; WERPACHOWSKI *et al.*, 2004). Esses frutos, devido a sua semelhança morfológica (no aspecto visual) com os perfeitos,

confundem-se, e acabam sendo inconscientemente inseridos nos testes de germinação, reduzindo as suas porcentagens, tal como verificado no presente estudo.

A germinação das sementes de *A. brasilianum*, iniciada ao oitavo dia, foi rápida. Essa rapidez é uma estratégia para um pronto estabelecimento das plântulas, em condições ambientais favoráveis, além de ser um bom índice para avaliar a capacidade de ocupação de um ambiente (FERREIRA *et al.*, 2001). A dispersão dos diásporos, da espécie estudada, ocorreu na estação chuvosa (capítulo 1), período com condições climáticas ideais para germinação (elevadas temperaturas e precipitações; Fig. 1). A pronta germinação das sementes inviabiliza a formação de um banco de sementes, assim como sua curta longevidade (inferior a 12 meses). Em *A. brasilianum*, observou-se a formação de banco de plântulas (*sensu* UHL & MURPHEY, 1981; LOPES *et al.*, 2006), que persistiram por muitos meses (de março a outubro) sem desenvolvimento, até a próxima estação chuvosa (capítulo 1).

VELTEN (2004) estudou a morfologia das sementes de três espécies de *Eremanthus* e, semelhantemente ao verificado no presente estudo, observou, utilizando o azul de metileno, que a embebição ocorre na região basal da semente, também conhecida como carpopódio (KING & ROBINSON, 1987; BARROSO *et al.*, 1991). SHELDON (1974) comentou que nesta região há um orifício pelo qual a radícula emerge e por onde também pode ocorrer a embebição, em *A. brasilianum* não foi observada a presença do orifício, embora a emissão da radícula tenha ocorrido na região basal, muito próximo ao carpopódio. VELTEN (2004) observou que a embebição completa ocorreu após 24 horas, semelhante ao registrado para *A. brasilianum*. O valor médio da umidade em sementes recém-colhidas de *A. brasilianum* (9,5%) foi semelhante ao registrado em sementes de *Acanthospermum hispidum* DC. (8,5%), por GARCIA & SHARIF (1995).

Apesar de ocorrer interação entre as diferentes condições de luz, temperatura e tempo de armazenamento sobre a germinação de sementes de *A. brasilianum*, a luminosidade suplementar foi fator relevante, que resultou em altas porcentagens de germinação e pareceu ser essencial para a superação da dormência. O fotoblastismo positivo é muito comum entre as asteráceas herbáceas de regiões tropicais (BASKIN & BASKIN, 1979; FIGUEREDO, 1975; GRIME *et al.*, 1981; HILTON, 1983; LADEIRA *et al.*, 1987; GARCIA & SHARRIF, 1995; ALTOM & MURRAY, 1996; MALUF & WIZENTIER, 1998; FERREIRA *et al.*, 2001; VELTEN, 2004) e as sementes de *A. brasilianum* confirmaram essa tendência.

Segundo SHELDON (1974), o fotoblastismo positivo, em espécies de Asteraceae, é uma adaptação positiva, pois, na família predominam sementes pequenas e com reservas escassas. Essas sementes, expostas à luz e sobre o solo, germinam imediatamente e as plântulas podem iniciar seu estágio autotrófico; o estabelecimento dos indivíduos, portanto, dependerá de menor quantidade de reservas providas da semente (SHELDON, 1974).

Além dos regimes de luminosidade, condições ideais de temperatura também resultaram em maiores porcentagens de germinação de sementes de *A. brasilianum*, semelhante ao registrado em outras espécies de asteráceas tropicais (FIGUEREDO, 1975; FORSYTH & BROWN, 1980; BORGHTTI *et al.*, 2002). GRIME *et al.* (1981) observaram que a germinação de 41 das 45 espécies de asteráceas estudadas foi favorecida por temperaturas superiores a 25°C, tal como verificado em *A. brasilianum*. FORSYTH & BROWN (1980) mencionaram que a temperatura age determinando mudanças no estado físico dos componentes celulares da semente, as quais aceleram as reações internas e proporcionam altas porcentagens de germinação.

As porcentagens de germinação das sementes recém-colhidas de *A. brasilianum*, nas melhores condições de luminosidade e temperatura, foram altas (86 e 88%) se comparadas às porcentagens comumente registradas na família. LAWRENCE (1980) estudou 36 espécies de *Senecio* e apenas 18 delas apresentaram porcentagens de germinação superiores a 85%. FERREIRA *et al.* (2001) estudaram sementes de 13 espécies, de vários gêneros, e apenas quatro apresentaram porcentagens de germinação superiores a 50%. As baixas porcentagens de germinação têm sido explicadas pelo requerimento de condições ambientais específicas (LAWRENCE, 1980), e/ou como um reflexo dos elevados percentuais de frutos sem embrião, difíceis de serem eliminados dos experimentos, por apresentarem-se morfológicamente perfeitos (FIGUEREDO, 1975; CLAMPITT, 1987; MALUF, 1993; RUGGIERO & ZAIDAN, 1997; CESARINO & ZAIDAN, 1998; MALUF & WIZENTIER, 1998; FERREIRA *et al.*, 2001; VELTEN, 2004).

A irregularidade da germinação das sementes de *A. brasilianum*, ao longo dos seis meses de armazenamento e nas diferentes condições de luz e temperatura, parece estar relacionada à sua rusticidade como planta silvestre. Em plantas cultivadas, por outro lado, as sementes, de uma maneira geral, foram “domesticadas” e germinam prontamente e de modo sincronizado e são menos exigentes em relação às condições de germinação (BEWLEY & BLACK, 1982). Em praticamente todas as condições testadas, as sementes de *A. brasilianum*, apresentaram alguma germinação, mesmo que

em pequenas porcentagens, caracterizando uma elevada plasticidade germinativa. Essa característica é de plantas rústicas e deve gerar conseqüências ecológicas úteis, pois pelo menos algumas sementes são capazes de germinar em condições ambientais desfavoráveis (KLEIN & FELIPPE, 1991; WHATLEY & WHATLEY, 1983), o que pode garantir a manutenção da espécie em populações naturais.

A tendência do aumento da mortalidade e da quebra da dormência das sementes de *A. brasilianum*, ao longo do tempo de armazenamento, é característica observada em outras espécies. GARCIA (1987) e GOMES & FERNANDES (2002) observaram uma relação direta entre o aumento da mortalidade de sementes de espécies de *Bidens* e o seu envelhecimento; aos oito meses de armazenamento menos de 10% das sementes germinaram, enquanto as sementes armazenadas por zero mês apresentavam germinação superior a 50%. A curta longevidade das sementes *A. brasilianum*, inferior a 12 meses, parece ser característica incomum em ervas anuais, considerando os estudos de GRIME *et al.* (1981). Esses autores estudaram a germinação de 403 espécies de ervas anuais nativas e constataram que há uma tendência à pronta germinação; por outro lado, as sementes remanescentes no solo permanecem vivas por longos períodos. Os resultados do presente estudo mostraram que a estratégia reprodutiva de *A. brasilianum* difere das espécies estudadas por esses autores, visto que apresentou rápida germinação e formou um banco de plântulas (capítulo 1). Essas características podem estar relacionadas ao seu hábitat, em áreas úmidas de sub-bosque, que durante a estação seca encontra-se alterada (com escassez hídrica), onde deve ocorrer competição entre diferentes espécies vegetais com necessidades distintas, aumentando as pressões seletivas sobre elas.

#### 4.5. CONCLUSÕES

\**A. brasilianum* produz 75% de sementes perfeitas, em população natural, que iniciam a germinação após o oitavo dia da semeadura nas condições testadas.

\*As sementes imperfeitas são, principalmente, resultantes da partenocarpia.

\*A melhor condição para germinação das sementes é a temperatura de 25°C, com suplementação de luz (fotoblastismo positivo).

\*Sugere-se que as contagens sejam feitas ao décimo quarto dia (1ª contagem) e ao vigésimo dia (contagem final).

\*A 20°C, independentemente da luminosidade, a dormência das sementes é induzida.

\*Sementes recém-colhidas e com quatro meses de armazenamento apresentam maior viabilidade.

\*A plasticidade germinativa das sementes é característica vantajosa para *A. brasilianum*, espécie silvestre e rústica, pois lhe confere capacidade competitiva.

\*Características fisiológicas das sementes de *A. brasilianum*, tais como a curta longevidade e a pronta germinação, reduzem as possibilidades da formação de banco de sementes e favorecem a formação do banco de plântulas.

#### 4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altom, J.V. & Murray, D.S. 1996. Factors affecting *Eclipta* (*Eclipta prostrata*) seed germination. **Weed Technology** 10: 727-731.
- Amen, R.D. 1968. A model of seed dormancy. **Botanical Review** 34:1-31.
- Baker, J.G. 1976. Compositae II-Eupatorieae. In: Martius C.P.V. & Eichler, A.W. Eds. **Flora Brasiliensis** 6: 181-374.
- Barroso, G.M.; Peixoto, A.L.; Costa, C.G.; Ichaso, C.L.F.; Guimarães, E.F. & Lima, H.C. 1991. **Sistemática de Angiospermas do Brasil** v.3. Imprensa Universitária, Viçosa, 326p.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1979. The germination strategy of oldfield *Aster* (*Aster pilosus*). **American Journal of Botany** 66: 1-5.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperature region. **American Journal of Botany** 75: 286-305.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1982. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: viability, dormancy and environmental control**. Springer-Verlag, Berlin, 375p.
- Bittencourt, S.R.M. 1999. **Uso do teste de tetrazólio em substituição ao de germinação na avaliação dos resultados do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho**. Tese Doutorado, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 140p.
- Boppré, M. 1990. Lepidoptera and alkaloids pyrrolidizine: Exemplification of complexity in chemical ecology. **Journal of Chemical Ecology** 34: 586-600.
- Borghetti, F.; Noda, F.N. & Martins, C.S.A. 2002. Possible involvement of proteasome activity in ethylene-induced germination of dormant sunflower embryos. **Brazilian Journal Plant Physiology** 14: 125-131.
- Brasil. 1992. Ministério da Agricultura. Departamento nacional de Produção Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília. 365p.
- Bremer, K. 1994. **Asteraceae - cladistic & classification**. Timber Press, Oregon, 752p.
- Brown Jr., K.S. 1984a. Adult-obtained pyrrolidizine alkaloids defend Ithomiinae butterflies against a spider predator. **Nature** 309: 707-709.
- Brown Jr., K.S. 1984b. Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia** 44: 435-46.
- Brown Jr., K.S. 1987. Chemistry at the Solanaceae/Ithomiinae interface. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 74: 359-397.
- Carnelossi, M.A.G.; Lamounier, L. & Ranal, M.A. 1995. Efeito da Luz, hipoclorito de sódio, escarificação e estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), C.V. maioba e moreninha-de-uberlândia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 30: 779-787.

- Castro, P.S. 1980. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água de duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG.** Tese Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 170p.
- Cesarino, F. & Zaidan, L.B.P. 1998. *Vernonia cognata* Less. (Asteraceae): Armazenamento viabilidade dos aquênios. **Hoehnea** **25**: 59-70.
- Clampitt, C.A. 1987. Reproductive biology of *Aster curtus* (Asteraceae), a pacific northwest endemic. **American Journal of Botany** **74**: 941-946.
- Cordazzo, C.V. & Souza, C.V. 1993. Germinação de *Senecio crassiflorus* (Compositae). **Revista Brasileira de Biologia** **53**: 81-86.
- Cordazzo, C.V. & Spanó, S. 2002. Produção e germinação de sementes de *Senecio crassiflorus* (Poir.) DC (Asteraceae), coletadas ao longo de um gradiente nas dunas costeiras do sul do Brasil. **Atlântica** **24**: 11-15.
- Correia, G.F. 1983. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila do solo do planalto de Viçosa.** Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87p.
- Ferreira, S.C. 2006. **Asteraceae Martinov. em um fragmento florestal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Florística e aspectos reprodutivos.** Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 144p.
- Ferreira, A.G.; Cassol, B.; Rosa, S.T.; Silveira, T.S. & Stival, A.L. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** **15**: 231-242.
- Figueredo, R.C. 1975. Notas preliminares sobre a germinação e ocorrência de derivados cumarínicos em aquênios de *Eupatorium pauciflorum* H.B.K. (Compositae). **Hoehnea** **5**: 57-57.
- Forsyth, C & Brown, N.A.C. 1980. Germination of the dimorphic fruits of *Bidens pilosa* L. **New Phytologist** **90**: 151-64.
- Forsyth, C. & Van-Staden, J. 1983. Germination of *Tagetes minuta* L. 1- temperature effects. **Annals of Botany** **52**: 659-666.
- Garcia, A.R. 1987. **Estudo de fatores do ambiente na germinação de frutos polimórficos de *Bidens pilosa* L.** Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 58p.
- Garcia, Q.S. & Sharif, R.R. 1995. Germinação e dormência de aquênios de *Achantospermum hispidum* DC, uma espécie invasora. **Revista Brasileira de Botânica** **18**: 17-25.
- Gill, G.S. & Blacklow, W.M. 1985. Variations in seed dormancy and rates of development of great brome, *Bromus diandrus* Roth, as adaptations to the climates of southern Australia and implications for weed control. **Australian Journal of Agricultural Research** **36**: 295-304.
- Gomes, F.P. 1987. **Curso de estatística experimental.** v.12, Livraria Nobel, Piracicaba, 466p.
- Gomes, V. & Fernandes, G.W. 2002. Germinação de aquênios de *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae). **Acta Botânica Brasílica** **16**: 421-427.
- Grime, J.P.; Manson, G.; Curtis, A.V.; Rodman, J.; Band, S.R.; Mowforth, M.A.G.; Neal, A.M.; & Shaw, S. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. **Journal of Ecology** **69**: 1017-1059.

- Guariguata, M.R. 1988. Seed bank dynamics and germination ecology in *Espeletia timotensis* (Compositae), an Andean Giant Rosette. **Biotropica** **20**: 54-59.
- Hilton, J.R. 1983. The influence of light on the germination of *Senecio vulgaris* L. **New Phytologist** **94**: 29-37.
- King, R.M. & Robinson, H. 1987. The genera of the Eupatorieae (Asteraceae). **Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden** **22**: 1-63
- Klein, A. & Felipe, G.M. 1991. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **7**: 955-66.
- Labouriau, L.C. 1983. **A germinação das sementes**. OEA, Washington, 144p.
- Labouriau, L.C. & Pacheco, A. 1978. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant & Cell Physiology** **19**: 507-512.
- Ladeira, A.M.; Zaidan, L.B.P. & Figueredo-Ribeiro, R.C. 1987. *Ageratum conyzoides* L. (Compositae): Germinação, floração e ocorrência de derivados fenólicos em diferentes estágios de desenvolvimento. **Hoehnea** **14**: 53-62.
- Lawrence, M.E. 1980. *Senecio* L. (Asteraceae) in Australia: Reproductive biology of a genus found primarily in unstable environments. **Australian Journal of Botany** **33**: 197-208.
- Leal-Filho, N. 1992. **Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma vegetação na Zona da Mata de Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 116p.
- Lopes, K.P.; Souza, V.C.; Andrade, L.A.; Dornelas, G.V.; Bruno, R.L.A. 2006. Estudo do banco de sementes em povoamentos florestais puros e em uma capoeira de Floresta Ombrófila Aberta, no município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** **20**: 105-113.
- Maluf, A.M. 1993. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de duas populações de *Vernonia polyanthes* (Asteraceae). **Hoehnea** **20**: 133-137.
- Maluf, A.M. & Wizenier, B. 1998. Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica** **21**: 247-257.
- Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. 1979. **The germination of seeds**. Pergamon Press, Oxford, 192p.
- Moraes, M.D. 1997. **A família Asteraceae na planície Litorânea de Picinguaba município de Ubatuba-SP**. Tese Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154p.
- Oliveira-Junior, J.C. & Dias, H.C.T. 2005. Precipitação efetiva em um fragmento secundário de Mata Atlântica. **Revista Árvore** **29**: 9-15.
- Paiva J.A. & Barata, L.E.S. 2004. Pirrolizidine alkaloids in three *Senecio* species from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology** **32**: 1219-1222.
- Perez-Garcia, F. 1993. Effect of the origin of the cypsela on germination of *Onopordum acanthium* L. (Asteraceae). **Seed Science & Technology** **21**: 187-195.
- Popinigis, F. 1985. **Fisiologia das sementes**. Ministério da Agricultura - AGIPLAN, Brasília, 288p.
- Reddy, K.N. & Singh, M. 1992. Germination and emergence of hairy Beggarticks (*Bidens pilosa*). **Weed Science** **40**: 195-199.



- Rizzini, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Âmbito Cultural, 747p.
- Romanoviski, Z. 2001. **Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 84p.
- Ruggiero, P.G.C. & Zaidan, L.B.P. 1997. Estudos de desenvolvimento de *Viguiera rubusta* Gardn uma Asteraceae do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **20**: 1-9.
- Sassaki, R.M.; Rondon, J.N.; Zaidain, L.B.P. & Felipe, G.M. 1999. Germination of seeds from herbaceous plants artificial stored in cerrado soil. **Revista Brasileira de Biologia** **59**: 271-279.
- Seiler, G.J. 1996. Dormancy and germination of wild *Helianthus* species. p. 213-222 *In*: Caligari, P.D.S. & Hind, D.J.N. (Eds.) **Compositae: Biology & Utilization**. Vol.2, Royal Botanical Gardens, New York, 945p.
- Sheldon, J.C. 1974. The behavior of seeds in soil. **Journal of Ecology** **62**: 47-66.
- Silva, K.L. & Trigo, J.R. 2002. Structure-activity relationships of pyrrolizidine alkaloids in insect chemical against the orb-weaving spider *Nephila clavipes*. **Journal of Chemical Ecology** **28**: 657-668.
- Tanowitz, B.D.; Salopek, P.F. & Mahall, B.E. 1987. Differential germination of ray and disc achenes in *Hemizonia increscens* (Asteraceae). **American Journal of Botany** **74**: 303-312.
- Trigo, J.R. 2000. The chemistry of antipredator defense by secondary compounds in neotropical lepdoptera: Facts, perspectives and cavetes. **Journal Brazilian of Chemical Society** **11**: 551-561.
- Trigo J.R., Brown Jr., K.S., Henriques, S.A. & Barata, L.E.S. 1996. Qualitative patterns of pyrrolizidine alkaloids in Ithomiinae butterflies. **Biochemical Systematic and Ecology** **24**: 181-188.
- Uhl, C. & Murpey, P.G. 1981. Composition, structure, and regeneration of a tierra firme forest in the knazon basin of Venezuela. **Tropical Ecology** **22**: 219-37.
- Veloso, H.P.; Rangel-Filho, A.L. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 584p.
- Velten, S.B. & Garcia, Q.S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** **19**: 753-761.
- Velten, S.B. 2004. **Aspectos morfológicos dos aquênios, germinação e potencial de formação de banco de sementes de Eremanthus (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, Minas Gerais**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 61p.
- Vieira, R.D. & Carvalho, N.M. 1994. **Testes de vigor em sementes**. FUNEP, Jaboticabal. 164p.
- Werpachowski, J.S.; Varassin, I.G. & Goldenberg, R. 2004. Ocorrência de apomixia e partenocarpia em algumas espécies subtropicais de Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica** **27**: 607-613.
- Whatley, J.M. & Whatley, F.R. 1983. **A luz e a vida das plantas**. EPU- EDUSP, São Paulo. 101p.

- Yapp, R.H. 1906. Fruit-dispersal in *Adenostemma viscosum*. **Annals of Botany** **20**: 311-316.
- Zar, J.H. 1999. **Bioestatistical analysis**. 4.ed. Prentice Hall International Editions, New Jersey, 663p.

## CONCLUSÕES GERAIS

- \*A floração e dispersão dos diásporos de *A. brasilianum* ocorrem durante a estação chuvosa, favorecendo a pronta germinação das sementes e, em consequência, a formação do banco de plântulas, que permanece latente por até nove meses (estação seca), e só retoma o crescimento após o início das chuvas de verão.
- \*Diferentes condições de luz e temperatura e de tempos de armazenamento interagem simultaneamente no processo de germinação das sementes e a melhor condição para germinação é temperatura de 25°C, com suplementação de luz. As sementes apresentam longevidade inferior a 12 meses.
- \*A plasticidade germinativa das sementes é uma característica vantajosa para *A. brasilianum*, espécie silvestre e rústica, pois lhe confere capacidade competitiva.
- \*A formação de banco de plântulas corresponde a uma estratégia fundamental para seu sucesso, visto que as condições ambientais encontradas no inverno e primavera não suprem as exigências germinativas de suas sementes.
- \**A. brasilianum* é muito comum ao longo das trilhas e pequenas clareiras (sempre sob sombra parcial e em locais úmidos), na área de estudo. Esta preferência está relacionada, entre outros fatores, à exigência de luz e temperatura relativamente elevadas para germinação de suas sementes e ao seu mecanismo de dispersão zoocórico.
- \*A atratividade dos capítulos de *A. brasilianum* em relação aos visitantes florais, está relacionada aos ramos do estilete, que são extremamente conspicuos, além de odores e compostos voláteis que possivelmente estão presentes em seu néctar.
- \*Observou-se uma diversa fauna antófila em *A. brasilianum*, composta por 38 táxons de insetos, dos quais 32 são lepidópteros das famílias Arctiidae (mariposas diurnas) e Nymphalidae (Ithomiinae e Danainae, borboletas), o que corrobora com informações disponíveis na literatura, em que se descrevem a predominância da psicofilia na família.
- \*O principal recurso coletado pelos lepidópteros é o néctar; o pólen é retirado por pequenas abelhas e pela mosca *Ordina obesa*.
- \*Dentre as espécies de Ithomiinae, apenas machos visitam as flores de *A. brasilianum*, os quais obtém alcalóide pirrolidizínico, presente no néctar.
- \*Embora apresentem frequência de visita variável, as borboletas se mostraram polinizadoras muito eficientes em *A. brasilianum*, visto que elevam as porcentagens de frutificação.
- \*As flores *A. brasilianum* são matutinas e protândricas.
- \*No primeiro dia de antese, a apresentação secundária de pólen ocorre pela manhã, das 6:00 às 9:00h, caracterizando uma curta fase masculina da flor. A viabilidade do pólen é alta (96%).
- \*Nesse mesmo dia, das 9:00 às 11:00h, ocorre a exposição das linhas estigmáticas, caracterizando a fase feminina da flor. A fase feminina é longa e dura 3±1 dias.

\*É autocompatível e se reproduz independentemente dos serviços dos polinizadores, através da autopolinização espontânea. Entretanto, sua frutificação é cerca de 6,5 vezes maior quando as flores são visitadas.

\*O material musselina, que é muito utilizado para impedir o acesso dos visitantes às flores, é pouco efetivo para lepidópteros. O failete é o recomendado para evitar erros nos tratamentos de polinização.

\*Confirma-se existência de uma co-dependência entre *A. brasilianum* e seus polinizadores. Contudo, a manutenção de ambos na MP depende de outros fatores, tais como a manutenção do hábitat de *A. brasilianum*, de seus dispersores e de seus polinizadores; esses últimos, por sua vez, dependem de outras fontes alimentares (principalmente folhas de espécies de Solanaceae) para as fases juvenis.