

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE BOTUCATU**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**EFEITO DA PREDÇÃO POR *Acanthoscelides schrankiae*  
(COLEOPTERA:BRUCHIDAE) E DE ALTAS TEMPERATURAS NA  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Mimosa bimucronata* (DC.) KUNTZE  
(FABACEAE: MIMOSOIDEAE)**

**LUCIANA CRISTINA CANDIDO RIBEIRO DE MENEZES**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Morfologia e Diversidade Vegetal.

**Botucatu – SP**

**2008**

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE BOTUCATU**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**EFEITO DA PREDÇÃO POR *Acanthoscelides schrankiae*  
(COLEOPTERA:BRUCHIDAE) E DE ALTAS TEMPERATURAS NA  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Mimosa bimucronata* (DC.) KUNTZE  
(FABACEAE: MIMOSOIDEAE)**

**LUCIANA CRISTINA CANDIDO RIBEIRO DE MENEZES**

**PROF. DR. MARCELO NOGUEIRA ROSSI**

**ORIENTADOR**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Morfologia e Diversidade Vegetal.

**Botucatu – SP**

**2008**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE**

Menezes, Luciana Cristina Candido Ribeiro de.

Efeito da predação por *Acanthoscelides schrankiae* (Coleóptera: Bruchidae) e de altas temperaturas na germinação de sementes de *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Fabaceae: Mimosoideae) / Luciana Cristina Candido Ribeiro de Menezes - Botucatu : [s.n.], 2008.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Nogueira Rossi

Assunto CAPES: 20300000

1. Botânica. 2. Ecologia vegetal. 3. Relação inseto-planta.

CDD 581.5

Palavras chave: *Acanthoscelides schrankiae*; ecologia vegetal; Germinação de sementes; Interação inseto-planta; *Mimosa bimucronata*; Predação de sementes.

*Gratidão à*  
***Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)***  
***- Processo 05/57999 - 3***  
*pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.*

*Dedicatória*

*Aos meus pais pelo incentivo e  
pela confiança que sempre  
tiveram em mim.*

## **Agradecimentos**

*Á DEUS, por permitir que eu vivesse maravilhosos sete anos em Botucatu, por ter sido meu refúgio, meu amigo, por conduzir meus passos, meus estudos desde a graduação até o mestrado, e principalmente por ampliar minha percepção da vida.*

*Á meus pais, Lucio e Sonia, por todo o incentivo, pela confiança, pelo amor, pela paciência, por sempre me ajudarem a alcançar meus objetivos, Amo vocês!*

*Ao Marcelo, por esses cinco anos de orientação, por tudo que pude aprender nesse tempo e que certamente irão fazer diferença em meu futuro profissional.*

*À minha família “botucuda”, Ligia, Letícia, Paula, e Milena por dividirem o mesmo teto comigo, umas há mais tempo como a Ligia, Letícia e Paula, e a Milena há alguns meses.. Obrigada por todos os momentos que passamos juntas, e foram muitos! Tenham a certeza de que cada uma tem um lugar especial em meu coração.*

*Ao pessoal do Laboratório e agregados Ligia, Débora, Paula, Carol, Marcos, Jéferson, Gabriela, Isabela. Nossa! Foi muito bom ter convivido esse tempo com vocês, demos duro, mas também nos divertimos bastante né! E o que seria do meu mestrado sem a Gabi no laboratório?*

*Aos amigos dos GOUs (Grupo de Oração Universitário), que são muitos!! Mas não posso deixar de citar alguns nomes, como: Meirinha, Gabriela, Betânia, Maila, Léo, Juliana (Azulão), Marjorie, Renatinha e Renata, Paulinha, Leonora, Nicolas, Nadja, desculpe se esqueci algum nome, mas podem estar certos de que par mim vocês são anjos que Deus me enviou.*

*Aos eternos amigos da XXXVII, que me acompanham desde a graduação e tenho certeza que torceram muito por mim nesta nova fase, e a todos os amigos e familiares que mesmo de longe me motivaram com palavras de incentivo e carinho.*

*“Ocupai – vos com tudo que é verdadeiro, digno de respeito ou justo, puro, amável ou honroso, com tudo que é virtuoso ou louvável.”*

*(Carta aos Filipenses 4,8)*

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Resumo Geral</i> .....  | 01        |
| <i>Resumo</i> .....  | 02        |
| <i>Abstract</i> .....  | 04        |
| <i>Introdução geral e Revisão Bibliográfica</i> .....                                | 06        |
| • <i>Cadeia trófoca, predação de sementes e qualidade nutricional</i> .....          | 07        |
| • <i>Efeito de elevadas temperaturas na germinação de sementes</i> .....             | 14        |
| • <i>Objetivo gerais</i> .....   | 15        |
| • <i>Referências Bibliográficas</i> .....  | 16        |
| <b>Capítulo 1: Efeito Indireto da Predação por <i>Acanthoscelides schrankiae</i></b> | <b>23</b> |
| <b>(Coleoptera: Bruchidae) em Sementes de <i>Mimosa bimucronata</i></b>              |           |
| • <i>Resumo</i> .....  | 24        |
| • <i>Abstract</i> .....  | 25        |
| 1. <i>Introdução</i> .....   | 26        |
| 2. <i>Materiais e Métodos</i> .....  | 30        |
| 3. <i>Resultados</i> .....   | 36        |
| 4. <i>Discussão</i> .....  | 43        |
| 5. <i>Conclusões</i> .....   | 48        |
| 6. <i>Referências Bibliográficas</i> .....   | 48        |
| <b>Capítulo 2: Germinação de Sementes de <i>Mimosa bimucronata</i> sob Elevadas</b>  | <b>54</b> |
| <b>Temperaturas</b>  |           |
| • <i>Resumo</i> .....  | 55        |
| • <i>Abstract</i> .....  | 56        |
| 1. <i>Introdução</i> .....   | 57        |
| 2. <i>Materiais e Métodos</i> .....  | 60        |
| 3. <i>Resultados</i> .....   | 63        |
| 4. <i>Discussão</i> .....  | 70        |
| 5. <i>Conclusões</i> .....   | 74        |
| 6. <i>Referências Bibliográficas</i> .....   | 75        |
| <i>Considerações Finais</i> .....  | 78        |



# *Resumo Geral*

**EFEITO DA PREDACÃO POR *Acanthoscelides schrankiae* (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) E ALTAS TEMPERATURAS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Mimosa bimucronata* (DC.) KUNTZE (FABACEAE: MIMOSOIDEAE). 2008.80P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, BOTUCATU.**

**RESUMO** - *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Fabaceae: Mimosoideae) é uma planta perene, arbórea, altamente ramificada e espinhosa, podendo atingir 8 metros de altura, nativa do Brasil e com reprodução por sementes, e suas sementes, durante a fenofase de frutificação, são intensamente predadas por bruquídeos da espécie *Acanthoscelides schrankiae*. Porém, há poucos estudos sobre a predação de sementes em *M. bimucronata*. Apesar de estar localizada em regiões próximas a cursos d'água, *M. bimucronata* geralmente está envolta por vegetação composta de plantas invasoras herbáceas, na maioria gramíneas, e durante a estação seca é comum a ocorrência de queimadas naturais. No presente estudo investigou-se a hipótese de que o processo germinativo das sementes de *M. bimucronata* pode ser acelerado após exposição moderada ao fogo. Além disso, estudou-se a relação entre a qualidade das sementes de *M. bimucronata* e as seguintes variáveis: (1) porcentagem de germinação de sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados; (2) peso seco de plântulas provenientes de frutos infestados e não infestados; e (3) peso corporal de *A. schrankiae*. Também foi estudado o efeito da predação de frutos na alocação de recursos e compostos secundários (taninos) nas sementes sadias. Os experimentos relacionados a predação de sementes foram realizados comparando-se duas populações de plantas (Lageado e Rubião), em que 25 plantas foram marcadas ao acaso, sendo 15 pertencentes ao Lageado e 10 a Rubião, e 4 ramos por planta foram ensacados. Os demais ramos ficaram expostos a infestação por bruquídeos. As sementes viáveis dos frutos maduros, coletados dos ramos ensacados e também dos ramos livres, foram utilizadas para as análises dos conteúdos de nitrogênio e taninos, e também para os testes de germinação. Foram registrados o peso seco das plântulas e o peso seco dos bruquídeos que emergiram dos frutos. Os resultados permitiram observar que as sementes de *M. bimucronata* provenientes de frutos não infestados apresentaram melhor desempenho germinativo do que as sementes de frutos infestados, indicando que a predação das sementes de *M. bimucronata* por *A. schrankiae* não tem apenas um efeito direto, mas também um efeito indireto na germinação. Porém, este resultado foi constatado apenas em Rubião. As plantas localizadas no Lageado apresentaram maiores conteúdos de nitrogênio e taninos do que as plantas em Rubião, sugerindo que há uma relação direta entre taninos e nitrogênio, e indivíduos de *A. schrankiae* apresentaram maiores pesos corporais nas plantas do Lageado. Portanto, o nitrogênio nas sementes de *M. bimucronata* parece ser um fator limitante para o desenvolvimento de *A. schrankiae*. As plântulas não apresentaram diferenças significativas na biomassa, quando provenientes de sementes de frutos infestados e não infestados, demonstrando que a predação não afetou o desenvolvimento das plântulas emergentes. Para os experimentos de germinação de sementes após exposição ao fogo, foram utilizadas sementes coletadas aleatoriamente de duas populações. Na simulação em campo foram utilizados quatro recipientes metálicos de alumínio preenchidos por quantidade determinada de solo, e em cada recipiente foram adicionadas 400 sementes e diferentes quantidades de material vegetal (gramíneas): 0g, 150g, 300g e 450g. Para cada tratamento, as sementes foram colocadas na superfície do solo ou enterradas a 2cm da superfície. Em seguida houve a queima do material vegetal, e as temperaturas durante todo o processo de queima foram

obtidas por termômetro tipo Thermocouple. Logo após a queima, realizaram-se os testes de germinação, que ocorreram em dois momentos distintos: imediatamente após a queima, e 24 horas após a queima. Em seguida, foram feitos experimentos em estufa baseando-se nas temperaturas obtidas dos tratamentos com sementes a 2cm da superfície do solo, seguidos de germinação. Os resultados mostraram que, durante o processo de queima, as temperaturas na superfície do solo foram muito elevadas a ponto de serem letais para as sementes. Porém, as sementes situadas a 2cm atingiram temperaturas menores do que na superfície, o que não inviabilizou a germinação. A maior quantidade de material vegetal (450g) resultou em menor porcentagem de germinação, mostrando que o aumento na temperatura pode afetar o processo germinativo das sementes. A exposição das sementes de *M. bimucronata* a temperaturas moderadas pode ter levado a uma maior velocidade de germinação, de acordo com as temperaturas obtidas nos tratamentos de 150g e 300g. Para os testes em estufa, o IVG das sementes umedecidas logo após o aquecimento foi menor do que o IVG daquelas umedecidas 24 horas depois, porém os motivos que levaram às diferenças de IVG entre as horas de umedecimento não estão evidentes, o que estimula futuros estudos.

**Palavras-chave:** *Mimosa bimucronata*, *Acanthoscelides schrankiae*, predação de sementes, germinação, ação do fogo, altas temperaturas.

**EFFECT OF PREDATION BY *Acanthoscelides schrankiae* (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) AND HIGH TEMPERATURES ON GERMINATION OF *Mimosa bimucronata* (DC.) KUNTZE (FABACEAE: MIMOSOIDEAE) SEEDS. 2008.80P.**  
M.SC. THESIS – BIOSCIENCES INSTITUTE, UNESP – SÃO PAULO STATE UNIVERSITY, BOTUCATU.

**ABSTRACT** – *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Fabaceae: Mimosoideae) is a perennial, arborous, highly branched and spiny plant, reaching a height of 8 m meters high, endemic to Brazil, with seed reproduction. During fructification, *M. bimucronata* seeds are highly attacked by the bruchid *Acanthoscelides schrankiae*, although few studies about seeds predation on *M. bimucronata* are found. Despite being localized on margins of water courses, *M. bimucronata* is usually surrounded by herbaceous vegetation, mostly grasses, and during the dry season natural burnings are common. This study investigated the hypothesis that the germination process of *M. bimucronata* seeds is accelerated after fire treatments. It was also investigated the relationship among the quality of *M. bimucronata* seeds and the following variables: (1) percentage of germination of viable seeds from infested and non-infested fruits; (2) dry weights of seedlings from infested and non-infested fruits; and (3) body dry weights of *A. schrankiae*. It was also investigated whether fruit predation affect allocation of resources and secondary compounds (tannins) in viable seeds. Experiments related to seed predation were carried out comparing seeds from two plant populations (Lageado and Rubiãõ). Twenty-five plants were selected at random with 15 from Lageado and 10 from Rubiãõ, and four branches per plant were bagged. The other branches were exposed to predation by bruchids. Viable seeds from mature fruits were collected from bagged and non-bagged branches in order to perform nitrogen and tannins analysis and germination tests. Dry weights of seedlings and adult bruchids were recorded. The results showed that *M. bimucronata* seeds from non-infested fruits presented better germination than seeds from infested fruits, showing that seed predation by *A. schrankiae* exerted not only a direct effect but also an indirect effect on seed germination. However, this result was observed only in the Rubiãõ area. Seeds from plants located in the Lageado presented higher levels of nitrogen and tannins than seeds from plants in the Rubiãõ area, suggesting that there is a direct relationship between tannins and nitrogen. Individuals of *A. schrankiae* had higher body weights in plants from Lageado, so nitrogen on *M. bimucronata* seeds is probably a limiting factor for *A. schrankiae* development. Seedling dry weights did not present significant differences among infested and non-infested fruits, demonstrating that seed predation did not affect seedling development. For simulations of seed germination after fire treatments mature *M. bimucronata* fruits were collected randomly from two plant populations. For fire simulations, four aluminium metallic recipients filled with soil were used, and four hundred seeds were added in each recipient. Grasses with different dry weights were positioned on the soil for burning: 0g, 150g, 300g and 450g. For each treatment, seeds were either positioned on the soil surface or buried 2cm depth. Grasses were burned and temperatures were recorded with a Thermocouple thermometer during the entire burning process. After burning, the germination experiments were carried out in two different moments: right after the burning process, and 24 hours after burning. Experiments on an oven, reproducing the same temperatures experienced by seeds situated 2cm below soil surface followed by germination tests, were also carried out. Results showed that temperatures on soil surface were very high, which were lethal for all seeds. However, below soil surface the temperatures were smaller than those on the

surface, allowing seed germination. The percentage of germination was significantly decreased after burning 450g of dry grass, showing that higher temperatures may affect germination process. However, moderate temperatures obtained by burning 150g and 300g of dry grass probably increased germination speed. For tests in the oven, the GSI of seeds wetted right after the burning process was significantly smaller than those seeds wetted 24 hours latter. Nevertheless, the reasons for differences between different wetting periods are not clear and future experiments aimed to investigate this question are encouraged.

**Key-words:** *Mimosa bimucronata*, *Acanthoscelides schrankiae*, seed predation, germination, fire regimes, high temperatures.

*Introdução Geral*  
*e*  
*Revisão Bibliográfica*

## **Cadeia trófica, predação de sementes e qualidade nutricional**

### *Cadeia trófica*

Em um ecossistema as relações entre os organismos e suas fontes de alimento são interessantes objetos de estudo, pois compreendê-las ajuda a elucidar os mecanismos que levam ao funcionamento de uma teia alimentar. Sabe-se que as relações entre predador - presa, parasita-hospedeiro e herbívoro - planta não ocorrem isoladamente, em que cada um é parte de uma teia complexa de interações com outros organismos e fontes alimentares, dentro de sua comunidade. Estas relações formam as teias alimentares (Begon et al., 2007).

As teias alimentares, ou cadeias tróficas consistem nas intrínsecas relações tróficas existentes entre as espécies em um ecossistema natural (Paine, 1992). Elas descrevem a rede das interações tróficas num ecossistema fornecendo uma complexa descrição da biodiversidade, da interação entre as espécies, e da estrutura do ecossistema e sua função (Dunne et al., 2000). Diversos estudos vêm destacando a importância de se compreender as relações dentro de uma cadeia trófica para um melhor conhecimento dos fatores que determinam sua dinâmica e influenciam as interações entre seus componentes (Lideman ,1942; Hariston, 1960; Burns, 1989; Price, 1992; Polis e Strong, 1996; Martinez, 1999; Rosemond, 2001; Dune et al., 2002)

Lindeman (1942) em seu clássico trabalho “The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology” buscou explicações para compreender a rede de interações tróficas, e para isso estudou as interações alimentares dos organismos presentes no *Cedar Bog Lake*, e baseou-se em estudo proposto por Hutchinson (1941) sobre dinâmica trófica, em que os níveis tróficos propostos por Lindeman (1942) foram considerados agrupamentos de populações e a produtividade de qualquer nível foi definida como “taxa de contribuição de energia”, que vem do nível anterior, e a estrutura trófica reduzida a uma cadeia de interações alimentares, em que a ciclagem de nutrientes pelos decompositores não foi considerada.

A dificuldade encontrada por Lindeman (1942) de simplificar o ecossistema sem sacrificar informações essenciais é discutido por Burns (1989), que aponta os problemas presentes em reduzir a estrutura trófica do ecossistema a uma cadeia de interações alimentares de sentido linear. Burns (1989) conclui que a melhor alternativa para o

conceito de níveis tróficos é o de guildas tróficas, definido por Root (1967), como uma forma de agrupar populações de espécies com recursos tróficos similares.

Polis & Strong (1996) também discutem o conceito de níveis tróficos e defendem uma alternativa que una as variadas ordens de ligações entre espécies para explicar a dinâmica de comunidades. Estes autores apontam a importância de associar a dinâmica de consumidores e seus recursos com outros fatores importantes presentes no ecossistema, tais como: fluxo espacial de energia, onivoria, efeitos dos nutrientes na comunidade, variabilidade na qualidade dos recursos, efeitos indiretos, e simbioses tróficas. Eles concluem que as redes alimentares são compostas por centenas e milhares de espécies com grande número de ligações diretas e indiretas, fracas e fortes, tróficas e não tróficas, e positivas e negativas, o que vem fortalecer ainda mais a importância das relações dentro de um ecossistema.

#### *Efeito base-topo (bottom-up) e topo-base (top-down)*

Sabe-se que vários fatores podem influenciar os organismos em uma comunidade. Por exemplo, Hunter & Price (1992) argumentam que fatores abióticos e bióticos como o clima, os nutrientes, os inimigos naturais, os organismos simbiotes, competidores e decompositores, a qualidade e a quantidade de recursos, e o aproveitamento da água, são determinantes para as mudanças na população e na estrutura das comunidades.

No entanto, como diversos fatores podem afetar as cadeias tróficas, estudos que buscam isolar quais os fatores que de fato são importantes para o entendimento do funcionamento de determinada cadeia, são relevantes. Assim, entender se as cadeias tróficas são afetadas da base para o topo ou do topo para a base, ou ainda se ambos atuam simultaneamente, tem sido o motivo para a elaboração de estudos por muitos autores (Power, 1992; Roininem et al., 1996; Hunter et al., 1997; Stiling & Rossi, 1997; Turlings & Benrey, 1998; Turchin et al., 1999). Os efeitos topo-base ocorrem quando a estrutura de níveis tróficos inferiores depende dos efeitos dos consumidores de níveis tróficos superiores, e o controle base-topo se dá quando existe uma dependência da estrutura da comunidade de fatores como, concentração de nutrientes e disponibilidade de presas, influenciando o nível trófico superior (Begon et al., 2007).

A idéia de que as forças topo-base e base-topo estão intimamente ligadas vem sendo esclarecida nos últimos anos, e a emergência deste conceito anda paralelamente



com os efeitos indiretos das interações, que também indicam que os as forças topo-base podem influenciar os efeitos base-topo e vice e versa, segundo Schoonhoven et al. (2005). Os autores argumentam que a qualidade da planta (força base-topo) pode afetar a composição da comunidade de insetos e esta, conseqüentemente, pode influenciar as forças topo-base. Em populações de insetos as forças base-topo, que vêm da qualidade da planta fonte de alimento, e topo-base, como a ação de seus inimigos naturais, podem agir em seus desempenhos e tamanhos, (Hunter et al.,1997; Stiling & Rossi,1997; Turchin et al. 1999; Price, 1992).

Uma situação em que uma das forças de interação pode influenciar com maior intensidade o sistema trófico foi demonstrada por Rosemond et al. (2001). Neste estudo, o efeito positivo da força de interação base-topo foi maior do que a força de interação topo-base para um sistema formado por restos de folhas, larvas de insetos e macroconsumidores como peixes e camarões, em que a adição de fósforo às folhas aumentou a biomassa das larvas de insetos detritivos, as quais se utilizavam dessas folhas como recurso alimentar, enquanto a retirada de inimigos naturais, como os macroconsumidores, não levou a um aumento da biomassa.

### *Qualidade nutricional*

Alguns elementos são considerados essenciais para o crescimento das plantas e são definidos como aqueles em que sua ausência impede a planta de completar seu ciclo de vida (Taiz & Zaiger, 1998 ). Esses elementos são geralmente classificados como macronutrientes (N, K, Ca, Mg, P, S, Si) ou micronutrientes (Cl, Fé, B, Mn, Na, Zn, Cu, Ni, Mo) de acordo com sua relativa concentração no tecido da planta. Dentre os vários elementos essenciais, o nitrogênio é um elemento mineral o qual as plantas necessitam em grandes quantidades, pois faz parte de muitos de seus componentes celulares (aminoácidos e ácidos nucléicos), por isso sua deficiência rapidamente inibi o crescimento da planta (Taiz & Zaiger, 1998; Carmo & Penado, 2004).

Em uma cadeia trófica, as plantas consistem em importante recurso para fornecer energia aos demais níveis tróficos, pois elas são o primeiro recurso de compostos ricos em energia para os organismos heterótrofos (Schoonhoven et al., 2005). Para o desempenho dos insetos herbívoros a qualidade nutricional das plantas é bastante relevante, pois pode trazer benefícios para o desenvolvimento de sua população quando os recursos fornecidos apresentam alta qualidade nutritiva, ou ainda podem

prejudicar o desenvolvimento da população, quando a qualidade dos recursos fornecidos pela planta é baixa (Awmack & Leather, 2002).

Schoonhoven et al. (2005) salientam a importância do nitrogênio na composição das proteínas, e a mesma são componentes básicos para formação estrutural dos insetos, uma vez que o eficiente crescimento de vários insetos está associado às quantidades de nitrogênio das plantas; se a quantidade de nitrogênio de seu recurso alimentar aumentar, os insetos tornam-se mais eficientes em converter estes recursos em estruturas que compõem seus tecidos.

Considerando que tanto os macronutrientes como os micronutrientes são distribuídos de forma não uniforme entre as plantas, ou mesmo dentro de uma mesma planta, os insetos herbívoros são diferentemente adaptados a explorar as plantas hospedeiras, onde apenas uma parte do recurso disponível é geralmente utilizada como alimento (Strauss & Zangerl, 2002). A combinação do modo de alimentação e diferenças nutricionais entre plantas e partes das plantas implica que dificilmente os insetos herbívoros apresentarão um tempo de desenvolvimento exatamente igual, mesmo em casos de grande especialização entre a planta hospedeira e o inseto herbívoro. Conseqüentemente, tal variabilidade de desenvolvimento é agente causador de heterogeneidade espacial no desenvolvimento e desempenho dos herbívoros, tendo, sem dúvida, conseqüências diretas na dinâmica da cadeia trófica (Jolivet, 1998; Herrera & Pellmyr, 2002).

Além de interferir de forma significativa no desempenho dos insetos herbívoros, a variação da qualidade nutricional das plantas também afeta o terceiro nível trófico, ou seja, os parasitóides e os predadores (Moon et al., 2000; Moon & Stiling, 2002; Teder & Tammaru, 2002; Hunter, 2003; Kagata et al., 2005). Por exemplo, Lill et al. (2002) demonstraram que as taxas de parasitismo em diversas espécies de Lepidoptera ocorrentes em sistemas florestais do Canadá são fortemente dependentes da planta hospedeira. De fato, os dados analisados por Lill et al. (2002) fornecem importantes evidências de que a variação na qualidade nutricional das plantas é determinante para a ecologia populacional dos parasitóides. Se o hospedeiro se desenvolve em uma planta de baixa qualidade nutricional, então o desenvolvimento e o subseqüente desempenho de um determinado parasitóide podem ser negativamente afetados (Harvey, 2000; Teder & Tammaru, 2002).

As plantas podem estar indisponíveis tanto para o hospedeiro como para os predadores e parasitóides devido à ausência ou à baixa disponibilidade de certos

componentes químicos (principalmente nitrogênio) necessários ao desenvolvimento destes insetos, bem como à presença de certos aleloquímicos tóxicos como os taninos (Barbosa, 1988; Fox et al., 1996). Os taninos são compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundário e encontrados em todas as classes de plantas vasculares, freqüentemente, em altas concentrações. Eles possuem a propriedade de precipitar proteínas formando complexos que não são degradados pelas enzimas do trato digestivo, reduzindo assim a qualidade nutricional do tecido consumido (Schoonhoven et al., 2005), e desta forma podem atuar como uma estratégia de defesa da planta contra a herbivoria.

Existem insetos que apresentam tolerância à ação de certos mecanismos de defesa das plantas. Por exemplo, alguns insetos da família Bruchidae apresentam-se imunes a substâncias tóxicas de defesa, ou seja, acredita-se que esses insetos tenham desenvolvido formas de resistir a toxicidades de suas plantas hospedeiras (Janzen, 1969; Center & Johnson, 1974 ; Keeler, 1980). No entanto, estudos desta natureza entre bruquídeos e suas plantas hospedeiras ainda são escassos, sendo difícil estabelecer com que freqüência e em quais espécies de plantas esta tolerância ocorre.

#### *Predação de sementes por bruquídeos*

As plantas são a base da maioria das cadeias alimentares terrestres, representando uma ampla disponibilidade de alimento para qualquer organismo capaz de explorá-las. Quando um organismo tem o contato com a planta e consome o todo ou parte dela, ocorre a chamada herbivoria. Geralmente, a herbivoria é uma ação não letal para os vegetais (Stiling, 1999), entretanto, quando a atividade do herbívoro causa a morte da planta, pode ser considerada uma predação (Ricklefs, 2003). O consumo de sementes e plântulas são exemplos de predação, pois inviabilizam qualquer sucesso no desenvolvimento dos indivíduos, enquanto que a alimentação por folhas e outras estruturas da planta pode ser considerada uma relação de parasitismo, uma vez que em raros casos, com a intensa pressão de herbivoria, as plantas não conseguem sobreviver (Strauss & Zangerl, 2002). Quando a herbivoria é caracterizada pelo consumo total ou parcial de sementes, esta é chamada de granivoria. A granivoria descreve a interação entre plantas e animais (chamados de granívoros ou predadores de sementes) que se alimentam principalmente ou exclusivamente de sementes (Hulme & Benkman, 2002).

Diversos estudos têm demonstrado que os granívoros causam impactos consideráveis nas populações de sementes (ex: Crawley, 1992; Hulme, 1998).

Altas taxas de predação (geralmente maiores do que 50%) são típicas em muitas espécies de plantas em diversos ecossistemas. Portanto, acredita-se que a granivoria (força tipo topo-base) desempenha um papel fundamental na regeneração (Louda et al., 1990; Castro et al., 1999), na habilidade de colonização (Myster & Pickett, 1993; Picó & Retana, 2000) e na distribuição espacial (Hulme, 1997; Forget et al., 1999) das plantas. Ainda, os granívoros são importantes agentes de seleção natural que influenciam certas características adquiridas das sementes (Benkman, 1999), bem como as estratégias de produção de sementes dentro (Ruhren & Dudash, 1996) e entre as diferentes estações (Curran & Leighton, 2000).

Entre os principais predadores de sementes encontram-se insetos pertencentes a diversas famílias das ordens Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Hemiptera (Janzen, 1971). Dentre os coleópteros, destacam-se aqueles pertencentes à família Bruchidae, pois são freqüentemente citados como importantes predadores de sementes de uma grande variedade de plantas (Southgate, 1979; Gullan & Cranston, 2000; Scherer, 2004). Aproximadamente 84% das plantas hospedeiras são Leguminosae, seguidas por Convolvulaceae (4,5%), Palmae (4,5%), Malvaceae (2%) e as 5% restantes estão distribuídas em outras 29 famílias (Johnson, 1989; Scherer, 2004).

As fêmeas dos besouros da família Bruchidae costumam apresentar variações com relação ao hábito de oviposição, sendo que algumas espécies depositam seus ovos diretamente na semente, enquanto outras ovipõem na superfície das vagens ou em pequenas fendas localizadas nas vagens, ou ainda em sementes livres no substrato (Southgate, 1979; Johnson & Romero, 2004). Johnson & Romero (2004), ressaltam que cerca de 78% das fêmeas de bruquídeos ovipositam em frutos e 22% em sementes expostas ou livres. O tipo de comportamento de oviposição em espécies de bruquídeos pode ser uma das formas que os mesmos utilizam para sobrepor as barreiras impostas pela planta hospedeira contra seu ataque, ou mesmo uma estratégia para prevenir a mortalidade de seus ovos pela ação de inimigos naturais, como os parasitóides (Ribeiro-Costa & Costa, 2002).

A preferência das fêmeas de bruquídeos em ovipor em plantas que apresentam qualidade nutricional favorável às larvas foi estudada por Scherer et al. (2004), que analisaram as taxas de predação da espécie de bruquídeo *Megacerus baeri* sobre sementes de *Ipomoea imperati* (Convolvulaceae). Observou-se que as sementes

predadas eram de tamanho maior do que a média, e como este bruquídeo alimenta-se apenas de uma semente para completar seu desenvolvimento, concluiu-se que o tamanho da semente reflita sua qualidade como recurso.

O trabalho citado acima vem confirmar os resultados de estudos que demonstraram que as densidades populacionais dos bruquídeos podem apresentar variações consideráveis dependendo da planta hospedeira utilizada, uma vez que estes insetos podem ser bem específicos no que diz respeito à utilização de recursos (planta hospedeira). Por exemplo, Fox et al. (1994) demonstraram que populações de *Stator limbatus* (Coleoptera: Bruchidae) apresentavam diferenças no desempenho larval (sobrevivência, tempo de desenvolvimento e peso corporal) e preferência de oviposição, quando alimentadas por diferentes espécies de plantas hospedeiras.

Para esta mesma espécie de bruquídeo, Fox & Mousseau (1996) e Fox (2000) constataram grande variação no tamanho dos ovos depositados em diferentes plantas hospedeiras, o que resultava em diferenças significativas no tempo de desenvolvimento, peso corporal e sobrevivência dos insetos estudados, estando esta variação diretamente relacionada à qualidade nutricional da planta hospedeira. Who (1993) observou que larvas de *Spercularius impressithorax* (Coleoptera: Bruchidae), que utilizam *Erythrina abyssinica* (Leguminosae) como planta hospedeira, não terminavam o desenvolvimento quando alimentadas por outras espécies de plantas co-ocorrentes, estando esta não utilização de recursos alternativa associada às variações na composição bioquímica e nas características fenológicas das plantas.

*Acanthoscelides* é o gênero de bruquídeo mais representativo na região Neotropical (Johnson, 1981). Até o momento, cerca de 300 espécies foram descritas, mas especula-se que muitas espécies ainda serão descobertas, principalmente em regiões pouco estudadas da América do Sul, principalmente na região Sudeste e Floresta Amazônica (Kergoat et al., 2005). Cerca de 100 espécies se desenvolvem em Faboideae, 35 espécies em Mimosoideae, e 6 espécies em Caesalpinioideae. Apenas uma minoria de espécies se alimenta em não-leguminosas, como Malvaceae [Malvoideae (30 espécies), Grewioideae (8 espécies), Byttnerioideae (uma espécie), e Cistaceae (uma espécie)] (Johnson, 1983, 1989, 1990). De acordo com Johnson & Romero (2004), *Acanthoscelides* é o gênero com o maior número de espécies no Novo Mundo e se alimenta de sementes de 11 famílias. Diversas espécies deste gênero são também importantes pragas agrícolas (Baier & Webster, 1992).

## **Efeito de elevadas temperaturas na germinação de sementes**

A ação do fogo às populações de plantas é considerada um dos poucos distúrbios que matam plantas adultas, abrindo espaços e promovendo a sucessão vegetal e contribuindo para que acentuadas mudanças ocorram na composição florística das vegetações naturais. O fogo pode afetar as plantas na sobrevivência, reprodução, e ainda atuar sobre a dinâmica do banco de sementes (Hering et al., 2001). Após a passagem do fogo, a recuperação de uma população de plantas está relacionada à germinação das sementes presentes no solo, já que a morte das plantas adultas pode prejudicar a dispersão de sementes. Desta forma, o fogo pode agir estimulando a germinação de sementes em algumas espécies através da quebra de dormência, ou da abertura e liberação de sementes pelos frutos ( Pickup et al., 2003; Auld et al., 2006).

Segundo Keely & Fortheringham (2000), o fogo pode estimular a germinação de forma direta ou indireta: o estímulo é direto quando leva à abertura de frutos, ou quando induz a germinação de sementes dormentes armazenadas no solo; já o estímulo indireto é quando as sementes são estimuladas a germinar pela abertura de brechas pelo fogo em vegetações fechadas, o que melhora as condições susceptíveis das sementes à germinação.

Diversos estudos sobre o efeito da elevada temperatura na germinação de sementes, causada por queimadas de origem natural ou antrópica, podem ser encontrados na literatura (Tarrega et al., 1992; Herranz et al., 1998; Keely & Fortheringham, 2000; Almeida et al., 2005; Banda et al., 2006; Torres et al., 2006; Vivar-Evans et al., 2006; Herrero et al., 2007). Esses estudos destacam que as elevadas temperaturas, promovidas por diversas causas, podem influenciar significativamente a germinação das sementes, dependendo da espécie em questão. Essa influência, por sua vez, torna-se positiva ou negativa, ou seja, acelera ou diminui o processo germinativo, sendo dependente do tempo de exposição, da temperatura e das condições físicas das sementes.

Em geral, as sementes estimuladas pelo fogo apresentam dormência exógena (Keely & Fortheringham, 2000), desta forma, a fase de embebição da semente (Fosket, 1994) tende a ser interrompida pela barreira física do tegumento, e o fogo pode agir rompendo esta barreira, permitindo a germinação (Brits et al., 1993). Assim, o estímulo à germinação das espécies que possuem sementes com tegumento resistente à entrada de água apresenta variações dependendo da intensidade e duração das temperaturas a que

são expostas, uma vez que há espécies que necessitam de curto tempo de exposição a temperaturas elevadas (por exemplo, 5 min à 105°C), e outras que necessitam de um tempo maior de exposição a temperaturas não tão altas (por exemplo, 1 h a 70°C) (Keely & Fortheringham, 2000).

### **Objetivos gerais**

Durante a estação seca, quando ocorre a maior produção e queda de frutos maduros de *M. bimucronata*, é comum a ocorrência de queimadas naturais devido à seca da vegetação. Considerando que as sementes de *M. bimucronata* possuem certa resistência do tegumento para iniciar a germinação (tegumento semipermeável) (Kestring, 2007; Tomaz et al., 2007), no presente estudo investigou-se a hipótese de que o processo germinativo das sementes de *M. bimucronata* pode ser acelerado após exposição moderada ao fogo. Além disso, estudou-se a relação entre a qualidade das sementes de *M. bimucronata* e as seguintes variáveis: (1) porcentagem de germinação de sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados; (2) peso seco de plântulas provenientes de frutos infestados e não infestados; e (3) peso corporal de *A. schrankiae*. Também foi estudado o efeito da predação de frutos na alocação de recursos e compostos secundários (taninos) nas sementes sadias.

## Referências Bibliográficas

- Almeida FAC, Rodrigues JP, Almeida SA, Gouveia JPG, Santos NL (2005) Efeito da Temperatura Sobre a Germinação de Três Espécies de *Pinus* Cultivadas no Brasil. *R. Árvore* 5: 757-76.
- Auld TD, Denham AJ (2006) How much seed remains in the soil after a fire? *Plant Ecology* 187: 15 -24.
- Awmack CS & Leather SR (2002) Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 47: 817–844.
- Baier AH & Webster BD (1992). Control of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) in *Phaseolus vulgaris* L. seed stored on small farms I. Evaluation of damage. *Journal of Stored Products Research* 28: 289-293.
- Banda T, Schwartz MW, Caro T (2006). Effects of fire on germination of *Pterocarpus angolensis*. *Forest Ecology and Management* 233: 116–120.
- Barbosa P (1988) Natural enemies and herbivore-plant interactions: influence of plant allelochemicals and host specificity. In: Barbosa P and Letourneau DK (eds) *Novel Aspects of Plant Interactions*. Wiley Interscience Publication, New York, pp 201-229.
- Begon M, Townsend CR & Harper JL (2007) *Ecologia: De Indivíduos a Ecossistemas*, 4a ed. Artmed, Porto Alegre.
- Benkman, CW (1999) The selection mosaic and diversifying coevolution between crossbills and lodgepole pine. *American Naturalist* 153: S75-S91.
- Brits, GJ, Calitz FJ, Brown, NAC, Manning, JC (1993) Desiccation as the Active Principle in Heat-Stimulated Seed Germination of *Leucospermum* R. Br. (Proteaceae) in fynbos. *New Phytologist* 125: 397-403.
- Burns TP (1989). Lindeman's Contradiction and the Trophic Structure of Ecosystems. *Ecology* 70: 1355-1362.
- Carmo FMS & Penado PHS (2004) Influência do aspecto nutricional de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na preferência alimentar da lagarta desfolhadora *Eupseudosoma involuta* (Lepdoptera. Arctidae). *Revista Árvore* 28: 749-754.
- Castro J, Gómez JM, García D, Zamora R & Hódar JA (1999) Seed predation and dispersal in relict Scots pine forests of southern Spain. *Plant Ecology* 145: 115-123.



- Center TD & Johnson CD (1974) Coevolution of some seed beetles (Coleoptera:Bruchidae) and their hosts. *Ecology* 55:1096-1103.
- Crawley MJ (1992) Seed predators and plant population dynamics. In: Fenner M (ed) *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, pp 157-191.
- Curran LM & Leighton M (2000) Vertebrate responses to spatiotemporal variation in seed production of mast fruiting Dipterocarpaceae. *Ecological Monographs* 70: 101-128.
- Dunne AJ, Willians RJ, Martinez ND (2000). Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. *Ecology* 99: 12917- 12922.
- Dunne AJ Willians RJ, Martinez ND (2002). Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. *Ecology* 99: 12917- 12922.
- Forget PM, Kitajima K & Foster B (1999) Pre- and post-dispersal seed predation in *Tachigalia versicolor* (Caesalpinaceae): effects of timing of fruiting and variation among trees. *Journal of Tropical Ecology* 15: 61-81.
- Fosket DE (1994). *Plant Growth and development. A Molecular Approach*. Academic Press 8: 446-449.
- Fox CW, Waddell KJ & Mousseau TA (1994) Host-associated fitness variation in a seed beetle (Coleoptera: Bruchidae): evidence for local adaptation to a poor quality host. *Oecologia* 99: 329-336.
- Fox LR, Kester KM & Eisenbach J (1996) Direct and indirect responses of parasitoids to plants; sex ratio, plant quality and herbivore diet breadth. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80: 289-292.
- Fox CW & Mousseau TA (1996) Larval host plant affects fitness consequences of egg size variation in the seed beetle *Stator limbatus*. *Oecologia* 107: 541-548.
- Fox CW (2000) Natural selection on seed-beetle egg size in nature and the laboratory: variation among environments. *Ecology* 81: 3029-3035.
- Gullan PJ & Cranston PS (2000) *The insects: an outline of entomology*, 2<sup>a</sup> ed. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Hairston NG, Smith FE & Slobodkin, LB (1960) Community structure, population control and competition. *American Naturalist* 94: 421-425.
- Harvey JA (2000) Dynamic effects of parasitism by an endoparasitoid wasp on the development of two host species: implications for host quality and parasitoid fitness. *Ecological Entomology* 25: 267-278.

- Heringer I, Jacques AVA (2001) Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta – campo. *Ciência Rural* 31: 1085-1090.
- Herranz JMH, Ferrandis P & Martinez-Sánchez JJ (1998) Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. *Plant Ecology* 136: 95 - 103.
- Herrera CM & Pellmyr O (2002) *Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Herrero C, San Martin R, Bravo F (2007). Short communication Effect of heat and ash treatments on germination of *Pinus pinaster* and *Cistus laurifolius*. *Journal of Arid Environments* 70: 540–548.
- Hulme PE (1997) Post-dispersal seed predation and the establishment of vertebrate-dispersed plants in Mediterranean scrublands. *Oecologia* 111: 91-98.
- Hulme PE (1998) Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics* 1:32-46.
- Hulme PE & Benkman CW (2002) Granivory. In: Herrera CM & Pellmyr O (eds) *Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp132-154.
- Hunter MD & Price PW (1992). Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology* 73: 724-732.
- Hunter MD, Varley GC & Gradwell GR (1997) Estimating the relative roles of top-down and bottom-up forces on insect herbivore populations: a classic study revisited. *Ecology* 94: 9176-9181.
- Hunter MD (2003) Effects of plant quality on the population ecology of parasitoids. *Agricultural and Forest Entomology* 5: 1-8.
- Hutchinson GE (1941) Ecological Aspects of Succession in Natural Populations. *The American Naturalist* 75: 406-418.
- Jansen DH (1969) Seed-Eaters Versus Seed Size, Number, Toxicity and Dispersal. *Evolution* 23: 1-27.
- Janzen DH (1971) Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2:465-492.
- Johnson CD (1981) Interactions between bruchid (Coleoptera) feeding guilds and behavioral patterns of fruits of the Leguminosae. *Environmental Entomology* 10: 249-253.

- Johnson CD (1983) Ecosystematics of *Acanthoscelides* (Coleoptera: Bruchidae) of southern Mexico and Central America. *Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America* 56: 1-248.
- Johnson CD (1989) Adaptive radiation of *Acanthoscelides* in seeds: examples of legume-bruchid interactions. *Monographs in Systematic Botany from Missouri Botanical Gardens* 29: 747-779.
- Johnson CD (1990) Systematics of the seed beetle genus *Acanthoscelides* (Bruchidae) of northern South America. *Transactions of the American Entomological Society* 116: 297-618.
- Johnson CD & Romero J (2004) A review of evolution of oviposition guilds in the Bruchidae (Coleoptera). *Revista Brasileira de Entomologia* 48: 401-408.
- Jolivet P (1998) Interrelationship between insects and plants. CRC Press, Boca Raton.
- Kagata H, Nakamura M. & Ohgushi T (2005) Bottom-up cascade in a tri-trophic system: different impacts of host-plant regeneration on performance of a willow leaf beetle and its natural enemy. *Ecological Entomology* 30: 58-62.
- Keeler KH (1980) The extrafloral nectaries of *Ipomea leptophylla* (Convolvulaceae). *American Journal of Botany* 67: 216-222.
- Keely, JE & Fotheringham, CJ (2000) Role of fire in regeneration from seed. In: Fenner, M (ed) *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Oxon, U.K, pp311-330.
- Kergoat GJ, Alvarez N, Hossaert-McKey M, Faure N & Silvain JF (2005) Parallels in the Evolution of the two largest New and Old World seed-beetle genera (Coleoptera, Bruchidae). *Molecular Ecology* 14: 4003-4021.
- Lill JT, MarquisRJ & Ricklefs RE (2002) Host plants influence parasitism of forest caterpillars. *Nature* 417: 170-173.
- Lindeman RL (1942) The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399-418.
- Louda SM, Potvin MA & Collinge SK (1990) Predispersal seed predation, postdispersal seed predation and competition in the recruitment of seedlings of a native thistle in sandhills prairie. *American Midland Naturalist* 124: 105-113.
- Martinez ND, Hawkins BA, Dawah HA, Feifarek BP (1999) Effects of Sampling Effort on Characterization of Food-Web Structure. *Ecology* 80: 1044-1055.
- Moon DC, Rossi AM & Stiling P (2000) The effects of abiotically induced changes in host plant quality (and morphology) on a salt marsh planthopper and its parasitoid. *Ecological Entomology* 25: 325-331.

- Moon DC & Stiling P (2002) The effects of salinity and nutrients on a tritrophic salt-marsh system. *Ecology* 83: 2465-2476.
- Myster RW & Pickett STA (1993) Effects of litter, distance, density and vegetation patch type on postdispersal tree seed predation in old fields. *Oikos* 66: 381-388.
- Paine RT (1992) Food-web analysis through field measurement of per capita interaction strength. *Nature* 355: 73 - 75
- Pickup M, Mcdougall KL, Whelan RJ, (2003). Fire and flood: Soil-stored seed bank and germination ecology in the endangered Carrington Falls *Grevillea* (*Grevillea rivularis*, Proteaceae). *Austral Ecology* 28: 128–136.
- Picó FX & Retana J (2000) Temporal variation in the female components of reproductive success over the extended flowering season of a Mediterranean perennial herb. *Oikos* 89: 485-492.
- Polis GA & Strong DR (1996) Food Web Complexity and Community Dynamics. *The American Naturalist* 147: 813-846.
- Power ME (1992) Top-Down and Bottom-Up Forces in Food Webs: Do Plants Have Primacy. *Ecology* 73:733-746.
- Price P (1992) Plant resources as the mechanistic basis for insect herbivore population dynamics. In: Hunter M., Ohgushi T & Price PW *Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions* (eds.) Academic Press. San Diego, California, pp 139-173.
- Ribeiro-Costa CS & Costa AS (2002) Comportamento de oviposição de Bruchidae (Coleoptera) predadores de sementes de *Cassia leptophylla* Vogel (Caesalpinaceae), morfologia dos ovos e descrição de uma nova espécie. *Revista brasileira de Zoologia* 19: 305 – 316.
- Ricklefs RE (2003) *A Economia da Natureza*, 5<sup>a</sup>ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Roininem H, Price PW & Tahvanainen J (1996) Bottom-up and top-down influences in the trophic system of a willow, a galling sawfly, parasitoids and inquilines. *Oikos* 77: 44-50.
- Root RB (1967) The niche exploitation pattern of the Bluegray Gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37:317-350.
- Rosemond AD, Pringle CM, Ramirez A, Paul MJ (2001) A Test of Top-down and Bottom-up Control in a Detritus-Based Food Web. *Ecology* 82: 2279-2293.

- Ruhren S & Dudash MR (1996) Consequences of the timing of seed release of *Erythronium americanum* (Liliaceae), a deciduous forest myrmecochore. *American Journal of Botany* 83: 633-640.
- Scherer KZ & Romanowski HP (2004) Predação de *Megacerus baeri* (Pic, 1934) (Coleoptera: Bruchidae) sobre sementes de *Ipomoea imperati* (Convolvulaceae), na praia da Joaquina, Florianópolis, sul do Brasil. *Biotemas*, 18: 39 – 55.
- Schoonhoven LM, Van Loon JJA & Dicke M (2005) *Insect-Plant Biology*, 2<sup>a</sup>ed. Oxford University Press, New York.
- Southgate BJ (1979) Biology of the Bruchidae. *Annual Review of Entomology* 24: 449-473.
- Stiling P & Rossi AM (1997) Experimental manipulations of top-down and bottom-up factors in a tri-trophic system. *Ecology* 78: 1602-1606.
- Stiling P D (1999) *Ecology: theories and applications*, 3<sup>a</sup> ed. Prentice Hall, New Jersey, NJ.
- Strauss SY & Zangerl AR (2002) Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems. In: Herrera CM & Pellmyr O. (eds) *Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp 77-106.
- Taiz L & Zaiger E (1998) *Plant Physiology*, 2<sup>a</sup> ed. Sinauer Associates, Inc. Massachusettes.
- Tarrega R, Calvo L & Trabaud L (1992) Effect of high temperatures on seed germination of two woody Leguminosae. *Vegetatio* 102 :139-147.
- Teder T & Tammaru T (2002) Cascading effects of variation in plant vigour on the relative performance of insect herbivores and their parasitoids. *Ecological Entomology* 27: 94-104.
- Torres O, Calvo L & Valbuena L (2006) Influence of high temperatures on seed germination of a special *Pinus pinaster* stand adapted to frequent fires. *Plant Ecology* 186:129 –136.
- Turchin P, Taylor AD & Reeve JD (1999) Dynamical role of predators in population cycles of a forest insect: an experimental test. *Science* 285: 1068-1071.
- Turlings TCJ & Benrey B (1998) Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. *Ecoscience* 5: 321-333.
- Vivar-Evans S, Barradas VL, Sánchez-Coronado ME, Buen AG, Orozco-Segovia A (2006) Ecophysiology of seed germination of wild *Dahlia coccinea* (Asteraceae) in a spatially heterogeneous fire-prone habitat. *Acta Oecologica* 29: 187-195.

Who E (1993) Food consumption, life-history and determinants of host range in the bruchid beetle *Specularius impressithorax* (Coleoptera, Bruchidae). Journal of Stored Products Research 29: 53-62.

# *Capítulo 1*

*Efeito Indireto da Predação por Acanthoscelides  
schrankiae (Coleoptera: Bruchidae) em Sementes  
de Mimosa bimucronata*

## **Efeito Indireto da Predação por *Acanthoscelides schrankiae* (Coleoptera: Bruchidae) em Sementes de *Mimosa bimucronata***

**Resumo** – O presente estudo teve como objetivo estudar a relação entre a qualidade nutricional de sementes de *M. bimucronata* e as seguintes variáveis: (1) porcentagem de germinação de sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados; (2) peso seco de plântulas provenientes de frutos infestados e não infestados; e (3) peso corporal de *A. schrankiae*. Para efeito comparativo, o estudo foi feito em duas populações de plantas (Lageado e Rubião). Primeiramente, 25 plantas foram marcadas ao acaso, sendo 15 pertencentes ao Lageado e 10 a Rubião, e 4 ramos por planta foram ensacados. Os demais ramos ficaram expostos a infestação por bruquídeos. Coletas de frutos maduros foram feitas para a obtenção de sementes viáveis para as análises dos conteúdos de nitrogênio e taninos, e também para os testes de germinação, tanto para fruto infestados quanto para os não infestados. Após a germinação, o peso seco das plântulas foi registrado. O peso seco dos bruquídeos que emergiram dos frutos também foi registrado. As sementes de *M. bimucronata* provenientes de frutos não infestados apresentaram melhor desempenho germinativo (porcentagem de germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG)) do que as sementes de frutos infestados, indicando que a predação das sementes de *M. bimucronata* por *A. schrankiae* não tem apenas um efeito direto, mas também um efeito indireto na germinação. Porém, este resultado foi constatado apenas em Rubião. As plantas localizadas no Lageado apresentaram maiores conteúdos de nitrogênio e taninos do que as plantas em Rubião, sugerindo que há uma relação direta entre taninos e nitrogênio. Os indivíduos de *A. schrankiae* apresentaram maiores pesos corporais nas plantas do Lageado, população com maiores conteúdos de taninos e nitrogênio, portanto, o nitrogênio nas sementes de *M. bimucronata* parece ser um fator limitante para o desenvolvimento de *A. schrankiae*. As plântulas não apresentaram diferenças significativas na biomassa, quando provenientes de sementes de frutos infestados e não infestados, demonstrando que apesar de afetar a germinação, a predação não afetou o desenvolvimento das plântulas emergentes.

**Palavras-chave:** *Mimosa bimucronata*, *Acanthoscelides schrankiae*, predação de sementes, interações tróficas, germinação, ecologia de populações.



## **Indirect Effects of the Seed Predator *Acanthoscelides schrankiae* (Coleoptera: Bruchidae) on *Mimosa bimucronata* Seeds**

**Abstract** – The aim of this study was to investigate the relationship among the quality of *M. bimucronata* seeds and the following variables: (1) percentage of germination of viable seeds from infested and non-infested fruits; (2) dry weights of seedlings from infested and non-infested fruits; and (3) body dry weights of *A. schrankiae*. For comparisons, this study was carried out collecting seeds from two plant populations (Lageado and Rubiã). Firstly, 25 plants were selected at random, with 15 from Lageado and 10 from Rubiã, and four branches per plant were bagged. The other branches were exposed to predation by bruchids. Mature fruits were collected for extraction of viable seeds from infested and non-infested fruits in order to perform nitrogen and tannins analysis and germination tests. After germination, the dry weights of seedlings were recorded as well as the dry weights of bruchids that emerged from fruits. *M. bimucronata* seeds from non-infested fruits presented better germination (percentage of germination and the Germination Speed Index (GSI)) than seeds from infested fruits, showing that seed predation by *A. schrankiae* exerted an indirect effect on seed germination. However, this result was observed only in the Rubiã area. Seeds from plants located in the Lageado presented higher levels of nitrogen and tannins than seeds from plants in the Rubiã area, suggesting that there is a direct relationship between tannins and nitrogen. Individuals of *A. schrankiae* had higher body weights in plants from Lageado, population with the higher levels of tannins and nitrogen; therefore, nitrogen on *M. bimucronata* seeds is probably a limiting factor for *A. schrankiae* development. Seedling dry weights did not present significant differences among infested and non-infested fruits, demonstrating that although seed predation affects germination it did not affect seedling development.

**Key-words:** *Mimosa bimucronata*, *Acanthoscelides schrankiae*, seed predation, trophic interactions, germination, population ecology.

## 1. Introdução

Segundo Hairston et al. (1960), devido a abundante quantidade e variedade de recursos vegetais disponíveis (“o mundo é verde”), os herbívoros não os consomem totalmente devido à ação de inimigos naturais. Porém, diversos estudos têm demonstrado que as populações de insetos herbívoros podem ser limitadas tanto pelo tipo de recurso disponível (forças do tipo base-topo), como pela ação de inimigos naturais (forças do tipo topo-base) (Roininem et al., 1996; Hunter et al., 1997; Stiling & Rossi, 1997; Turlings & Benrey, 1998; Turchin et al., 1999). Assim, o sucesso no desenvolvimento dos insetos herbívoros está diretamente relacionado à qualidade das plantas utilizadas como recursos, sendo um exemplo importante de força do tipo base-topo em cadeias tróficas (Price, 1992; Crawley, 1996; Stiling & Rossi, 1997; Stiling, 1999; Gurevitch et al., 2002).

A qualidade nutricional das plantas pode afetar significativamente o tamanho e, conseqüentemente, o peso corporal dos insetos herbívoros (Price, 1992; Teder & Tammaru, 2002; Kagata et al., 2005). Em contrapartida, o peso corporal de um inseto adulto é freqüentemente um bom indicador dos parâmetros de história-de-vida (ex: fecundidade, longevidade e sobrevivência), tendo implicações diretas para a dinâmica populacional (Leather, 1988; Nylin & Gotthard, 1998; Awmack & Leather, 2002). No entanto, muitos dados provenientes de estudos que investigam os efeitos da qualidade nutricional das plantas no desempenho de insetos herbívoros são provenientes de estudos conduzidos no laboratório. Conseqüentemente, pouco se sabe sobre os efeitos da variabilidade espacial e temporal da qualidade nutricional das plantas nas variações dos tamanhos corporais em populações naturais de insetos herbívoros e predadores de sementes (Kaitaniemi et al., 1999).

Entre os principais predadores de sementes encontram-se insetos pertencentes a diversas famílias das ordens Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Hemiptera (Janzen, 1971). Dentre os coleópteros, destacam-se aqueles pertencentes à família Bruchidae, pois são citados como importantes predadores de sementes (Southgate, 1979).

As densidades populacionais de muitos bruquídeos podem apresentar variações consideráveis dependendo da planta hospedeira utilizada. Há relatos de que fêmeas de bruquídeos examinam a superfície do fruto com o ovipositor a fim de reconhecer se o conteúdo químico e umidade são favoráveis para o desenvolvimento das larvas, para

então depositar seus ovos (Birch et al., 1989). Porém, Szentezi & Jermy (1995) destacam que se os ovos são depositados em frutos imaturos, as sementes ainda se encontram em estágio de embrião, o que dificulta a compreensão de como seria feita a avaliação da qualidade da semente pela fêmea.

Fox et al. (1994) demonstraram que populações de *Stator limbatus* (Coleoptera: Bruchidae) apresentavam diferenças no desempenho larval (sobrevivência, tempo de desenvolvimento e peso corporal) e preferência de oviposição, quando alimentadas por diferentes espécies de plantas hospedeiras. Fox & Mousseau (1996) e Fox (2000) constataram grande variação no tamanho dos ovos depositados em diferentes plantas hospedeiras, o que resultava em diferenças significativas no tempo de desenvolvimento, peso corporal e sobrevivência dos insetos estudados, estando esta variação diretamente relacionada à qualidade nutricional da planta hospedeira. Who (1993) observou que larvas de *Spercularius impressithorax* (Coleoptera: Bruchidae), que utilizam *Erythrina abyssinica* (Leguminosae) como planta hospedeira, não terminavam o desenvolvimento quando alimentadas por outras espécies de plantas co-ocorrentes, estando esta não utilização de recursos alternativos associada às variações na composição bioquímica e nas características fenológicas das plantas.

*Mimosa bimucronata* (DC) Kuntze (Mimosaceae) é uma planta perene, arbórea, altamente ramificada e espinhosa, medindo de 4 a 8 metros de altura, nativa do Brasil e com reprodução por sementes (Lorenzi, 2000), em que pouco se conhece sobre os organismos ocorrentes e os padrões e processos populacionais naturais oriundos de interações tróficas. É uma planta invasora muito freqüente em solos férteis e úmidos, podendo infestar áreas de pastagens. É comum em baixadas úmidas e beira de cursos d'água, onde costuma formar densas infestações. Devido a sua forma aberta, poucas plantas podem cobrir grandes áreas de características impenetráveis devido à abundância de espinhos em seus ramos (Lorenzi, 2000). A importância econômica da *M. bimucronata* reside no bom poder calorífero da madeira e em sua excelência apícola, pela abundante floração estival. Tem ainda destacada função ecológica por ser espécie pioneira na sucessão florestal, sendo relativamente fácil o reflorestamento com a espécie (Reitz et al., 1983; Marchiori, 1993).

Durante a fenofase de frutificação ocorre intensa predação das sementes de *M. bimucronata* (fase de pré-dispersão) por *Acanthoscelides schrankiae* (Horn) 1873, sendo que as maiores infestações ocorrem durante os meses de abril e maio (Silva et al.,

2007). Segundo Jesus Romero Napoles (comunicação pessoal), *A. schrankiae* pode ser encontrado predando sementes de *Acacia picachensis*, *Schrankia paucijuga* e 9 espécies de *Mimosa*, podendo ser encontrado nas Bahamas, Equador, Estados Unidos, México, República Dominicana, Venezuela e Brasil. Apenas recentemente *A. schrankiae* foi encontrado predando sementes de *M. bimucronata* (Silva et al., 2007), aumentando para 10 o número de espécies de *Mimosa* que são infestadas por esta espécie.

Há poucos estudos sobre a predação de sementes em *M. bimucronata*. Recentemente, Kestring (2007) estudou a relação entre a qualidade das sementes de *M. bimucronata* (teor de nitrogênio e taninos) e o tamanho corporal e dos ovos de *A. schrankiae*. A autora constatou que o tamanho corporal e o tamanho de ovos de *A. schrankiae* foram diretamente afetados pela qualidade das sementes, porém, houve relações significativas apenas para os taninos. No entanto, tal constatação apresentou considerável variação local (Kestring, 2007). Em outro estudo, Tomaz et al. (2007) constataram que sementes sadias provenientes de frutos infestados por *A. schrankiae* apresentavam menor porcentagem de germinação do que as sementes sadias provenientes de frutos não infestados. No entanto, tal constatação deve ser considerada apenas preliminar, uma vez que a amostra de sementes utilizada no estudo de Tomaz et al. (2007) foi muito pequena e foram utilizadas sementes de apenas uma população de plantas. Considerando que variações locais podem ocorrer, como foi constatado no estudo de Kestring (2007), o presente estudo investigou esta questão de forma mais abrangente, uma vez que os experimentos foram realizados com sementes provenientes de duas populações, aumentando-se assim o número de amostras e levando-se em conta variações interpopulacionais.

Portanto, as hipóteses que foram investigadas e o objetivo geral, são apresentadas a seguir.

### **Hipóteses:**

- 1) Diferenças na qualidade nutricional de sementes sadias de *M. bimucronata* provenientes de frutos infestados e não infestados: diferenças na qualidade nutricional nas sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados podem estar associadas a diferenças de alocação de recursos em

função da presença de predadores, pois a morte de sementes nos frutos pode levar a uma maior alocação de recursos nas sementes sadias.

- 2) Hipótese alternativa para o item (1): a perda de viabilidade de algumas sementes nos frutos devido a predação pode levar a uma redução na capacidade de dreno. Conseqüentemente, uma perda de peso das sementes sadias remanescentes pode ocorrer, afetando suas características nutricionais.
- 3) Diferenças na qualidade nutricional de sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados, porcentagem de germinação e peso seco das plântulas: como nos itens (1) e (2), diferenças na qualidade nutricional nas sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados podem estar associadas a diferenças de alocação de recursos, portanto, diferenças na porcentagem de germinação e no peso seco das plântulas podem ocorrer, tendo implicações diretas para a estrutura de desempenho das plantas na fase de crescimento.
- 4) Correlação entre qualidade nutricional e peso corporal dos bruquídeos: correlações positivas entre a qualidade nutricional das plantas e o peso corporal dos insetos herbívoros são freqüentemente encontradas. Portanto, bruquídeos que se desenvolvem em plantas de melhor qualidade, devem apresentar maiores pesos corporais, o que resultaria em melhores desempenhos (fecundidade, longevidade e sobrevivência).
- 5) Variabilidade interpopulacional da qualidade nutricional das plantas: para uma mesma espécie de planta hospedeira, a qualidade nutricional pode variar espacialmente (Teder & Tammaru, 2002). Portanto, as variáveis em estudo devem variar entre as populações estudadas.

### **Objetivo geral**

O presente estudo teve como objetivo geral estudar a relação entre a qualidade nutricional de sementes de *M. bimucronata* e as seguintes variáveis: (1) porcentagem de germinação de sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados; (2) peso seco de plântulas provenientes de frutos infestados e não infestados; e (3) peso corporal de *A. schrankiae*. Também foi estudado o efeito da predação de frutos na alocação de recursos nas sementes sadias.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Áreas de estudo

Os indivíduos de *M. bimucronata* que foram utilizados neste estudo estão localizados em duas áreas, caracterizando duas populações. Uma das áreas está localizada em área pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Botucatu (22° 50' 52" S; 48° 25' 46" W), Estado de São Paulo (Fig. 1), a qual será chamada de “Lageado”. A outra está localizada nas proximidades da Universidade Estadual Paulista – UNESP/Botucatu, Campus de Rubião Júnior (22° 53' 07" S; 48° 29' 23" W), Estado de São Paulo (Fig. 2), a qual será chamada de “Rubião”. Nestas duas áreas o clima é do tipo Cwb de Koeppen, mesotérmico de inverno seco (Carvalho et al., 1983), e os indivíduos de *M. bimucronata* estão localizados em áreas contendo vegetação composta de plantas invasoras herbáceas, na maioria gramíneas, havendo principalmente *M. bimucronata* como elemento arbóreo. As duas populações estão situadas em locais planos com elevada umidade, uma vez que as plantas estão às margens de cursos d'água. A distância entre as áreas é de 8.794m (linha reta).

As áreas do Lageado e Rubião possuem cerca de 6.700m<sup>2</sup> e 10.000m<sup>2</sup>, respectivamente, e 25 plantas foram devidamente marcadas ao acaso para a coleta de material biológico. Das 25 plantas marcadas, 15 pertenciam ao Lageado e 10 a Rubião. O número total de plantas em cada população foi difícil de precisar, uma vez que as plantas formam densos agrupamentos e são altamente ramificadas, com grande quantidade de espinhos, dificultando o acesso a plantas localizadas no interior das populações. No entanto, estima-se que não existam mais do que 40 plantas em cada população.



Figura 1. População de plantas de *M. bimucronata* localizadas no Lageado.



Figura 2. População de plantas de *M. bimucronata* localizadas em Rubião.

## 2.2 *Ensacamento dos ramos*

Após a marcação das 25 plantas, quatro ramos por planta foram selecionados ao acaso. Considerando que alterações fisiológicas podem ocorrer em frutos atacados por

insetos (Gurevitch et al., 2002), estes ramos foram então ensacados na própria planta com sacolas confeccionadas em tecido tipo *Voil* (cor branca), com a intenção de não permitir a passagem de bruquídeos, mas permitir a passagem de oxigênio e luz. Os demais ramos ficaram expostos a predação por bruquídeos. O ensacamento dos ramos foi feito no início da fenofase de frutificação, ou seja, com frutos pequenos e ainda verdes (imaturos).

### *2.3 Determinação da qualidade nutricional, da porcentagem de germinação e do peso seco das plântulas e dos bruquídeos*

#### *2.3.1. Frutos não infestados*

Após a maturação, os frutos de cada ramo previamente ensacado foram coletados, e estes foram levados ao laboratório [ $28 \pm 1^\circ \text{C}$  (fotofase de 12 horas)] e mantidos em sacos de papel, identificando-se a planta de origem. Apesar do ensacamento, havia frutos infestados nos ramos que foram ensacados. Então, foi feita uma seleção dos frutos para a obtenção daqueles que não sofreram infestação, e isto consistiu em encontrar frutos que não apresentavam furos na superfície das vagens. Apesar de não ser 100% eficiente, o ensacamento dos ramos promoveu redução na infestação. Os frutos selecionados foram agrupados ao acaso em duas amostras por planta (grupos 1 e 2).

Os frutos do grupo 1 foram dissecados sob estereomicroscópio (Nikon SMZ 800 equipado com câmera de vídeo digital), separando-se as sementes viáveis. As sementes foram secadas e trituradas, e então examinadas quanto ao conteúdo de nitrogênio e taninos\*. Foram separadas 200mg de tecido seco para a determinação dos conteúdos de taninos e nitrogênio (100mg para cada tipo de análise). O conteúdo de taninos foi quantificado pelo método de Folin-Ciocalteu (Folin-Ciocalteu, 1927) e o conteúdo de nitrogênio foi determinado seguindo o protocolo de Kjeldahl (AOAC, 1995). Uma média de três réplicas por amostra foi utilizada para todas as análises bioquímicas e, conseqüentemente, para as análises estatísticas. Portanto, valores médios do conteúdo de nitrogênio e do conteúdo de taninos foram obtidos para cada planta.

---

\* As análises bioquímicas foram realizadas no laboratório do Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu, com auxílio da Profa. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima.



Como acima, os frutos do grupo 2 também foram dissecados sob estereomicroscópio, separando-se as sementes sadias. Para cada planta, foram feitas 4 repetições de 25 sementes. As sementes foram colocadas sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com 12ml de água destilada (Brasil, 1992), em caixas plásticas transparentes tipo gerbox (11cm x 11cm x 4cm), as quais foram então mantidas em germinadores com a temperatura alternada de 20-30°C e fotoperíodo de 18 horas de luz branca ( $78 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2} / 8\text{h}$ ), fornecida por lâmpadas fluorescentes tipo “luz do dia” de 15W (Tomaz et al., 2007). Cada gerbox correspondia a uma repetição.

As leituras de contagem de plântulas para a estimativa da porcentagem de germinação foram feitas durante um período de 21 dias, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992). No entanto, as contagens de plântulas foram feitas a cada três dias. Ao final dos 21 dias, aproximadamente 15 plântulas por repetição foram retiradas ao acaso, secadas em estufa (50°C; 24 horas) e pesadas em seguida em balança analítica. Como o número de plântulas por repetição nem sempre chegou a 15, em alguns casos, o peso foi obtido para menos de 15 plântulas. Assim, para as análises estatísticas, dividiu-se o peso total das plântulas em cada repetição pelo número de plântulas pesadas. É importante salientar que testes prévios demonstraram que as sementes predadas não apresentam germinação (Tomaz et al., 2007).

### 2.3.2 *Frutos infestados*

Após a maturação, coletas quinzenais de frutos previamente expostos a predação foram feitas até o final da fenofase de frutificação. Foram retirados aproximadamente 100 frutos ao acaso por planta em cada coleta, os quais foram levados ao laboratório [ $28 \pm 1^\circ \text{C}$  (fotofase de 12 horas)]. No laboratório, os frutos foram organizados ao acaso em dois grupos (50 frutos/grupo/planta/coleta) e mantidos em potes plásticos, respeitando-se a planta de origem. Para diferenciar da coleta de frutos ensacados, estes frutos foram pertencentes aos grupos 3 e 4.

Após a emergência de todos os insetos em laboratório, amostras de frutos predados provenientes do grupo 3 foram obtidas ao acaso para cada planta. Estes frutos foram dissecados sob estereomicroscópio, separando-se as sementes sadias das predadas (a figura 3 apresenta um exemplo de semente predada). Seguindo a mesma metodologia descrita no subitem anterior, as sementes sadias foram então examinadas quanto ao

conteúdo de nitrogênio e concentração de taninos. Após a emergência dos bruquídeos provenientes dos frutos pertencentes ao grupo 4, o peso seco dos insetos foi determinado.

Para a determinação do peso seco, os insetos não foram pesados individualmente, e sim em grupos. No caso de *A. schrankiae*, como o número de insetos emergentes não foi alto, utilizou-se o total de insetos obtidos por planta para estimar-se o peso, que foi determinado em balança analítica. O peso total foi então dividido pelo número de insetos pesados por planta, estimando assim o peso médio de um bruquídeo. Portanto, um valor médio do peso corporal foi obtido para cada planta. As sementes não predadas (sadias) remanescentes foram utilizadas para a avaliação da porcentagem de germinação e para a obtenção do peso seco das plântulas, seguindo-se a metodologia descrita no subitem anterior.



Figura 3. Exemplo de semente de *Mimosa bimucronata* predada por *Acanthoscelides schrankiae*.

### 2.3.3 Variabilidade interpopulacional

Considerando que as coletas foram feitas em duas populações de *M. bimucronata*, comparações da qualidade nutricional das sementes, da porcentagem de germinação, do peso seco das plântulas e do peso seco dos bruquídeos, foram feitas entre as populações.

### 2.4 Análise de dados

Para a realização das análises estatísticas, cada planta foi considerada uma réplica. Portanto, os valores médios de todas as variáveis foram calculados para cada planta e, posteriormente, estes valores foram utilizados nas análises. Para comparar, dentro de uma mesma população, os valores médios dos teores de tanino e nitrogênio entre as sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados, o teste-*t* para amostras dependentes (Zar, 1999) foi aplicado. Nas comparações das porcentagens de germinação entre sementes de frutos infestados e não infestados, o teste-*t* para amostras dependentes foi novamente aplicado para a população de Rubião. No caso do Lageado foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Zar, 1999), uma vez que os dados não atenderam à homogeneidade da variância ( $P = 0,04$ ). Nesta mesma área, algumas plantas não apresentaram um número suficiente de sementes para o teste de germinação, portanto, comparou-se a porcentagem de germinação entre sementes de frutos infestados e não infestados considerando 8 e 11 plantas, respectivamente. No caso do peso seco das plântulas dos frutos infestados e não predados, a comparação dos valores médios foi feita pelo teste-*t* para amostras independentes (Zar, 1999). Para algumas plantas, o peso seco das plântulas foi zero, uma vez que o nível de precisão da balança não foi suficiente para a obtenção dos pesos, sendo estes dados eliminados. Assim, para o Lageado, comparou-se o peso seco entre plântulas de frutos infestados e não infestados considerando 11 e 8 plantas, e para Rubião, 10 e 8 plantas, respectivamente.

Após as estimativas das porcentagens de germinação, o cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), que é o somatório do número de sementes normais germinadas a cada avaliação, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da data do início do experimento (Popinigis, 1977; Maguire, 1962), também foi aplicado para cada réplica. Para a comparação dos valores médios do IVG entre as

sementes de frutos infestados e não infestados, o teste de Mann-Whitney (variância não homogênea;  $P = 0,021$ ) e o teste- $t$  para amostras dependentes foram aplicados para o Lageado e Rubião, respectivamente.

As comparações da porcentagem de germinação e do IVG entre sementes de frutos infestados e não infestados também foram feitas considerando as duas populações agrupadas, ou seja, como se as duas populações fossem apenas uma. Como acima, os dados não atenderam à homogeneidade da variância ( $P = 0,020$  e  $P = 0,016$  para a porcentagem de germinação e IVG, respectivamente), e o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi novamente aplicado.

Para a determinação da variabilidade interpopulacional, comparações da qualidade nutricional das sementes (teor de nitrogênio e taninos), da porcentagem de germinação, do IVG, do peso seco das plântulas e do peso seco dos bruquídeos, foram feitas entre as duas populações. Para tanto, o teste- $t$  para amostras independentes foi aplicado. Em seguida, análises de regressão multi-linear (McGarigal et al., 2000) foram feitas entre os valores médios dos teores de tanino e nitrogênio (variáveis independentes) e os valores médios do peso corporal dos bruquídeos (variável dependente). Estas análises foram feitas para cada área.

### **3. Resultados**

#### *3.1 Comparação da qualidade nutricional*

Os resultados da comparação do conteúdo de nitrogênio entre sementes provenientes de frutos infestados e não infestados mostraram diferença significativa apenas para o Lageado, sendo que as sementes provenientes dos frutos não predados apresentaram maior teor de nitrogênio (Fig. 4). Assim como no Lageado, em Rubião as sementes provenientes dos frutos não infestados apresentaram teor de nitrogênio maior do que as sementes provenientes dos frutos infestados, porém esta diferença não foi significativa ( $t = -1,736$ ;  $GL = 9$ ;  $P = 0,117$ ).

No caso da comparação dos conteúdos de taninos entre sementes provenientes de frutos infestados e não infestados, os resultados foram significativos para ambas as áreas (Figs. 5 e 6). No entanto, os resultados não seguiram um mesmo padrão. No Lageado, o conteúdo de taninos foi maior nas sementes de frutos não infestados do que

em frutos infestados (Fig. 5). Já em Rubião, o conteúdo de taninos foi maior nas sementes de frutos infestados do que nas sementes de frutos não infestados (Fig. 6).

Comparações entre os conteúdos de nitrogênio e taninos também foram feitas entre as duas áreas e, em ambos os casos, o resultado foi significativo, demonstrando que os maiores conteúdos de nitrogênio (Fig. 7) e taninos (Fig. 8) foram encontrados no Lageado.

### *3.2 Comparação da porcentagem de germinação, do IVG e do peso seco das plântulas*

As medianas da porcentagem de germinação entre sementes de frutos infestados e não infestados foram significativamente diferentes quando as duas populações foram consideradas agrupadas (Fig. 9). No caso do IVG, não houve diferença significativa ( $U = 144$ ;  $Z = -1,268$ ;  $P = 0,205$ ). No entanto, quando as populações foram analisadas separadamente, houve diferença significativa para Rubião (Fig. 10), mas não para o Lageado ( $U = 36$ ;  $Z = -0,661$ ;  $P = 0,509$ ). Nas análises significativas, constatou-se que as maiores porcentagens de germinação ocorreram de sementes de frutos não infestados (Figs. 9 e 10). Quando a porcentagem de germinação foi comparada entre as áreas, não se constatou diferença significativa ( $t = 0,709$ ;  $GL = 20$ ;  $P = 0,487$ ).

Através da comparação do IVG entre frutos infestados e não infestados, não se constatou diferença significativa no Lageado ( $U = 38$ ;  $Z = -0,495$ ;  $P = 0,620$ ). No entanto, em Rubião houve diferença significativa e o maior valor médio de IVG foi observado em sementes de frutos não infestados (Fig. 11). Quando o IVG foi comparado entre as duas áreas, não foi constatada diferença significativa ( $t = -0,565$ ;  $GL = 20$ ;  $P = 0,578$ ).

A comparação do peso seco das plântulas demonstrou que não houve diferença significativa entre frutos infestados e não infestados, tanto para o Lageado ( $t = -0,163$ ;  $GL = 17$ ;  $P = 0,872$ ) como para Rubião ( $t = -0,930$ ;  $GL = 16$ ;  $P = 0,366$ ). Quando a comparação do peso seco das plântulas foi feita entre as áreas, novamente não se constatou diferença significativa ( $t = 0,045$ ;  $GL = 20$ ;  $P = 0,965$ ).

### 3.3 Comparação do peso seco dos bruquídeos

Pelas análises de regressão multi-linear entre o peso seco dos bruquídeos e os conteúdos de tanino e nitrogênio, constatou-se que não houve diferença significativa para ambas as áreas, tanto para os taninos como para o nitrogênio (Tabelas 1 e 2). No entanto, quando o peso seco dos insetos foi comparado entre as duas áreas, houve diferença significativa, constatando-se um maior peso médio dos insetos do Lageado (Fig. 12).

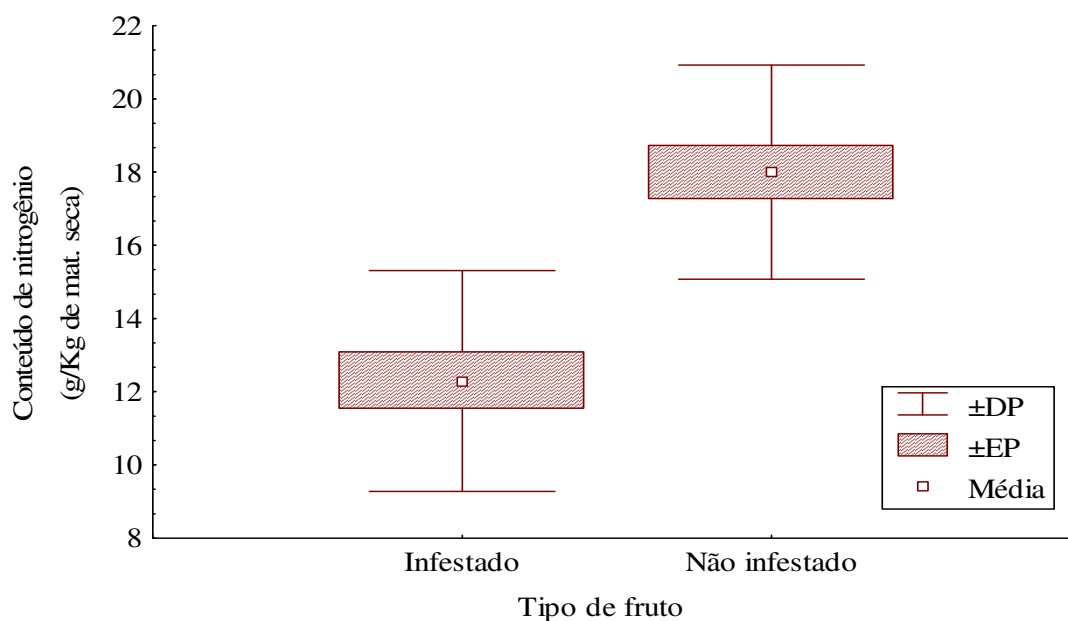


Figura 4. Comparação do conteúdo de nitrogênio entre frutos infestados e não infestados no Lageado. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste-*t* ( $t = -7,692$ ;  $GL = 14$ ;  $P < 0,0001$ ).

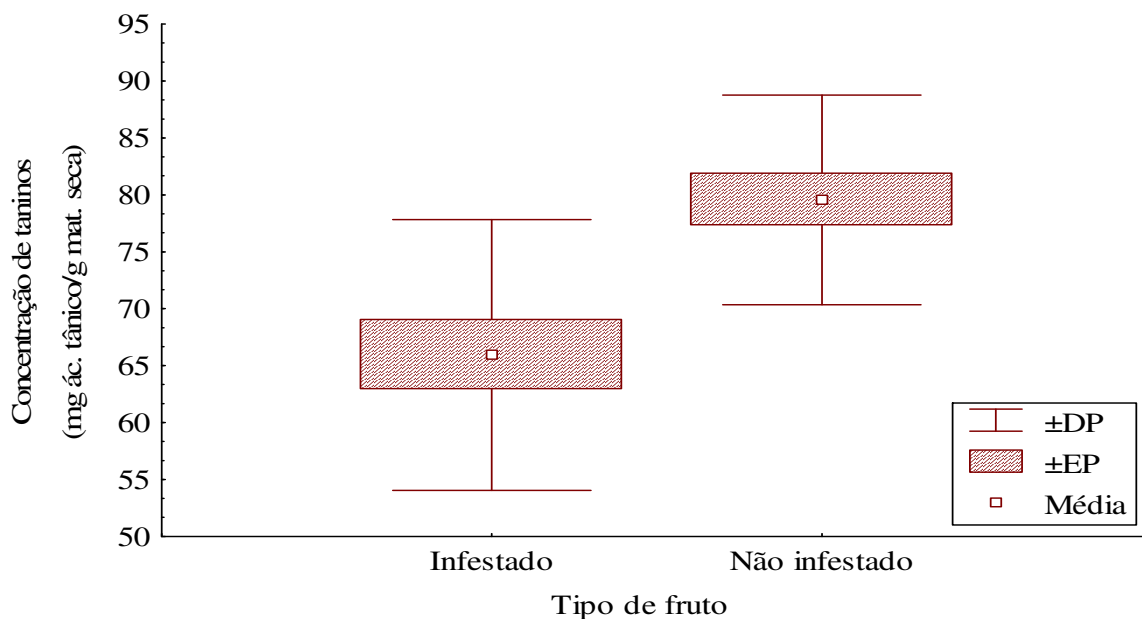


Figura 5. Comparação do conteúdo de taninos entre frutos infestados e não infestados no Lagedo. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste- $t$  ( $t = -3,430$ ;  $GL = 14$ ;  $P = 0,0041$ ).

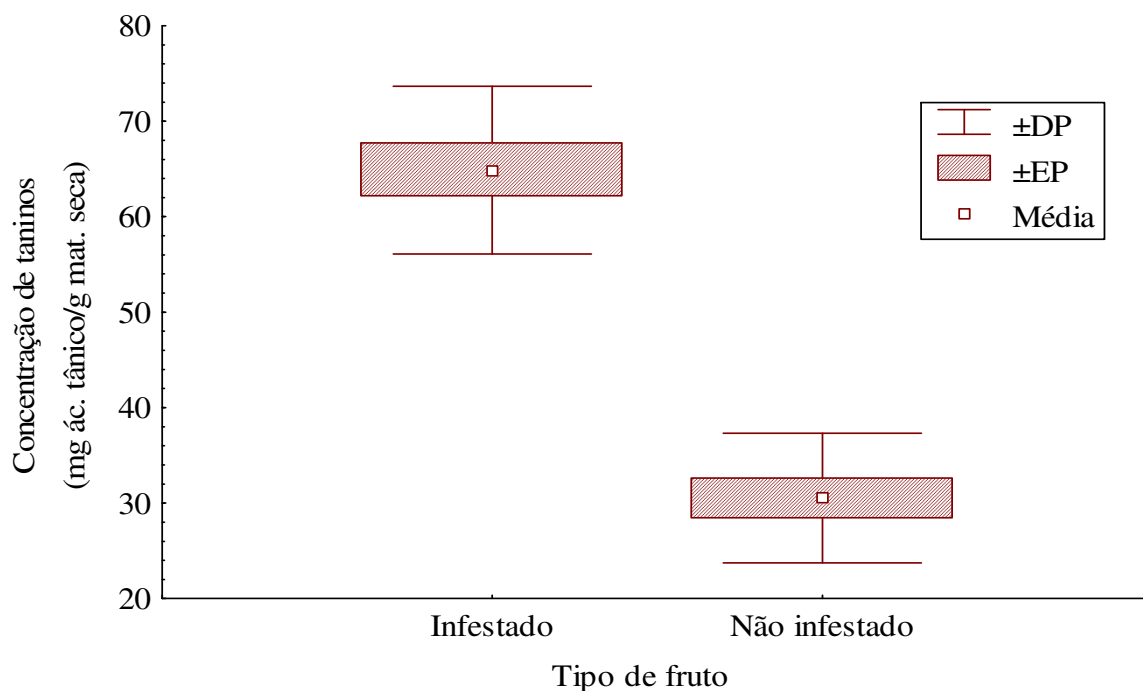


Figura 6. Comparação do conteúdo de taninos entre frutos infestados e não infestados em Rubião. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste- $t$  ( $t = -9,315$ ;  $GL = 9$ ;  $P < 0,0001$ ).

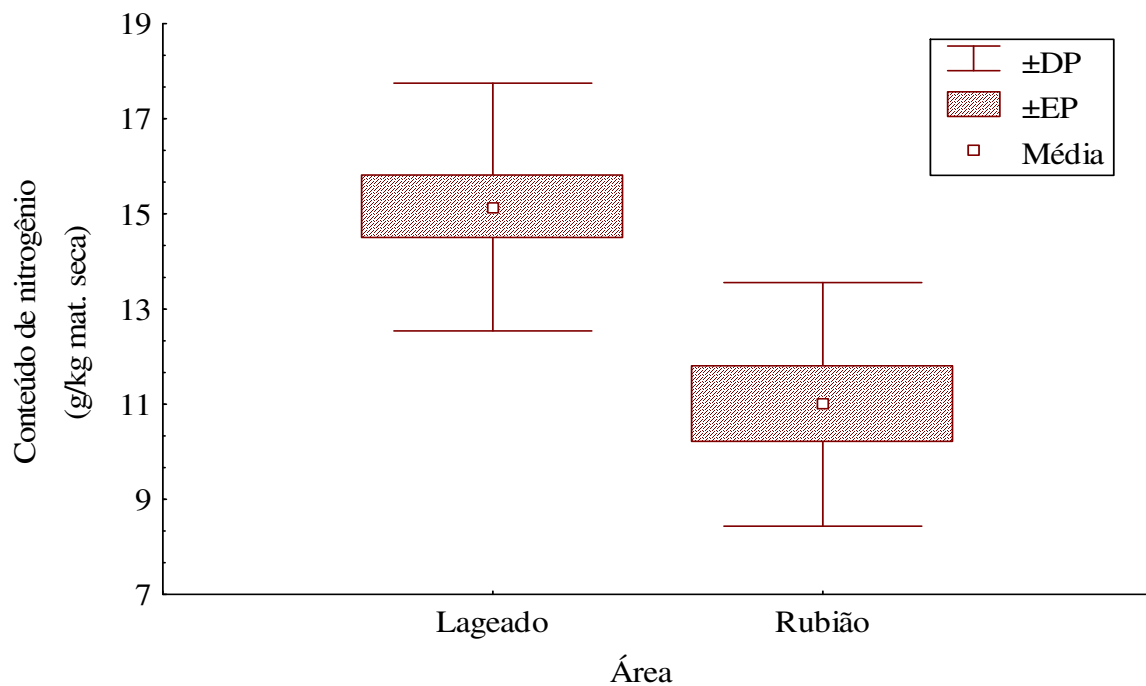


Figura 7. Comparação do conteúdo de nitrogênio entre frutos do Lageado e Rubião. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste- $t$  ( $t = 3,929$ ;  $GL = 23$ ;  $P = 0,0007$ ).

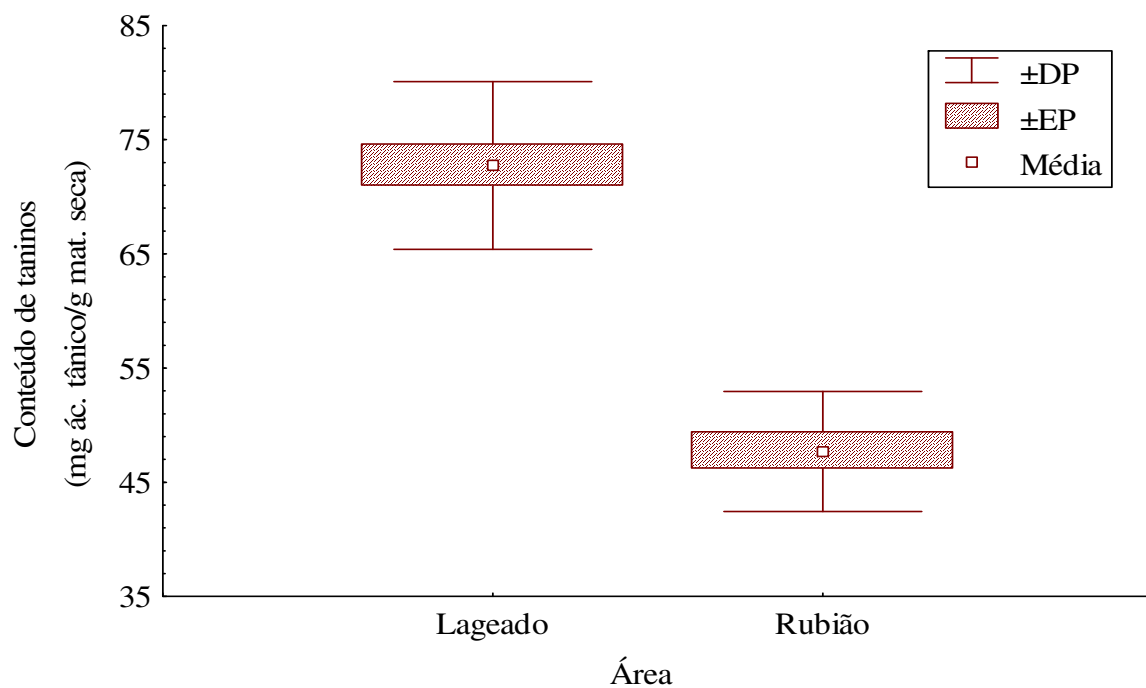


Figura 8. Comparação do conteúdo de taninos entre frutos do Lageado e Rubião. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste  $t$ -Student ( $t = 9,285$ ;  $GL = 23$ ;  $P < 0,0001$ ).



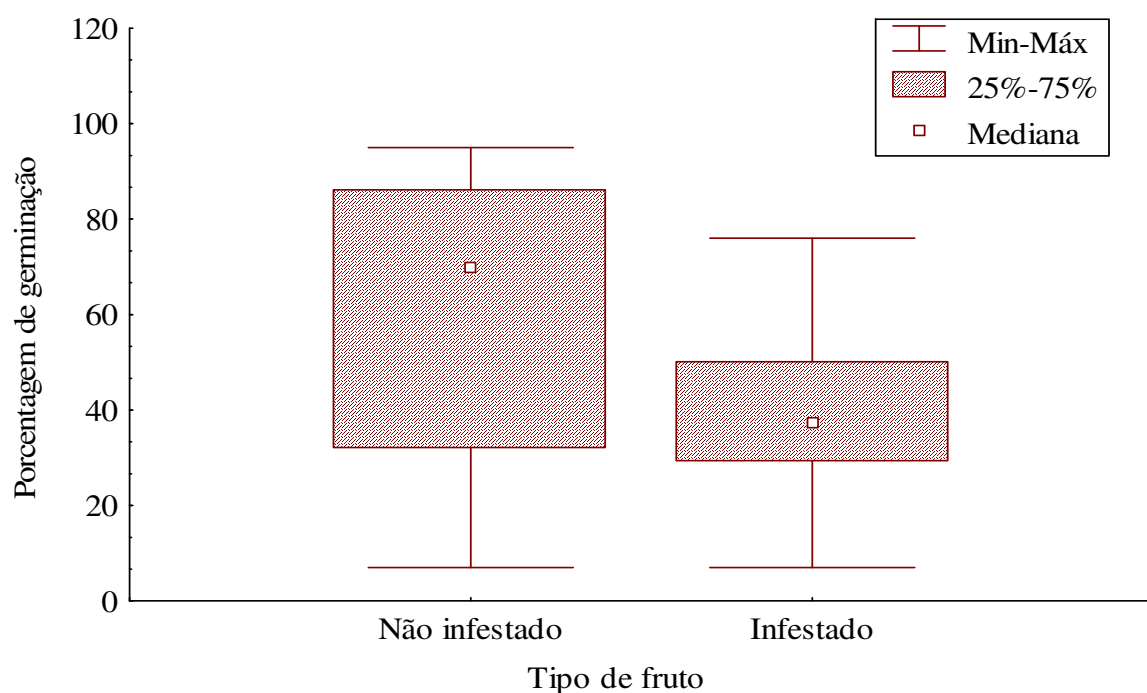


Figura 9. Comparação da porcentagem de germinação das sementes de frutos infestados e não infestados considerando as duas populações agrupadas. As medianas apresentaram diferença significativa pelo teste de Mann-Whitney ( $U = 97$ ;  $Z = -2,592$ ;  $P = 0,0096$ ).

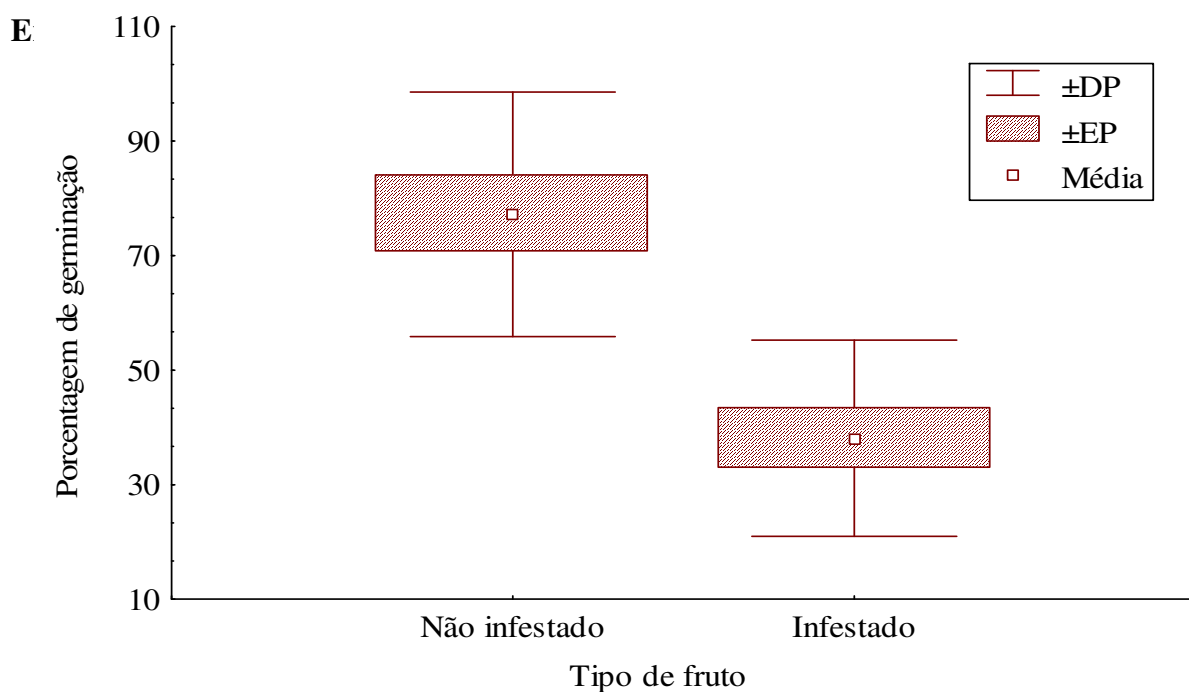


Figura 10. Comparação da porcentagem de germinação das sementes de frutos infestados e não infestados em Rubião. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste  $-t$  ( $t = 5,579$ ;  $GL = 9$ ;  $P = 0,0003$ ).

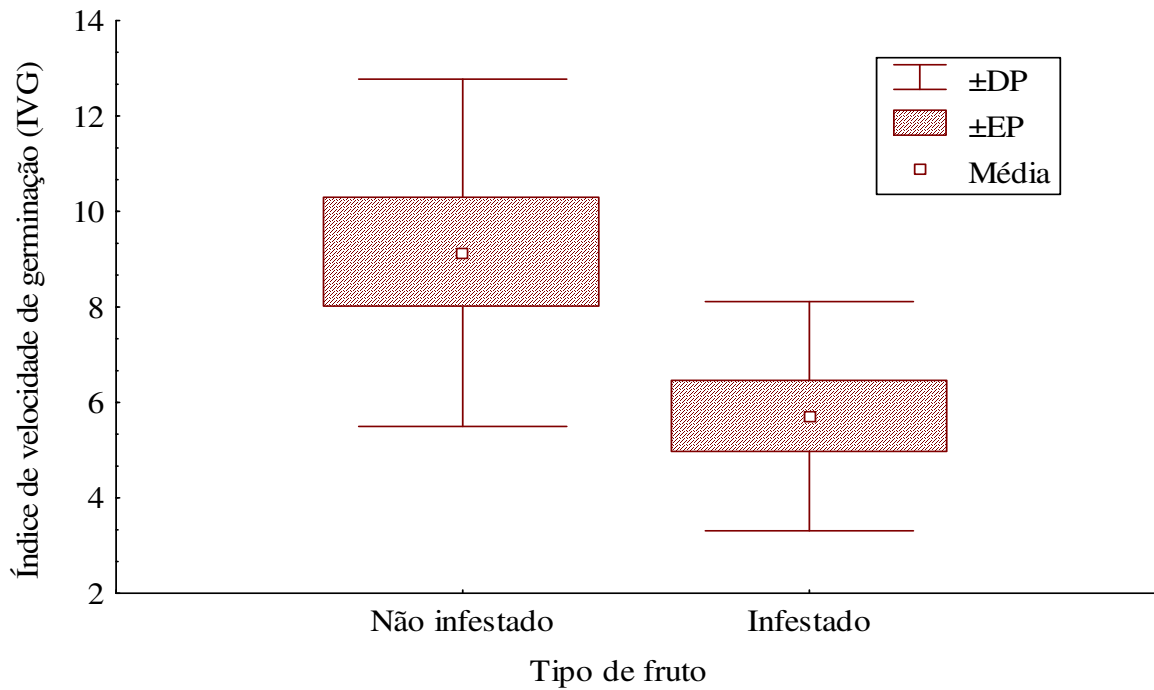


Figura 11. Comparação do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de frutos infestados e não infestados em Rubião. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste- $t$  ( $t = 3,220$ ;  $GL = 9$ ;  $P = 0,0105$ ).

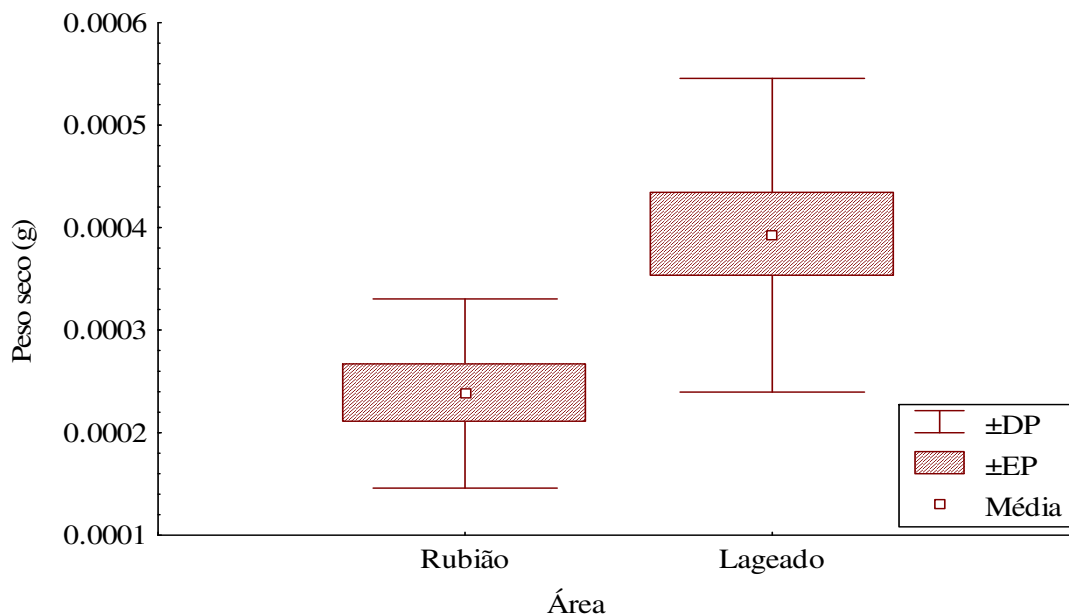


Figura 12. Comparação do peso seco de *A. schrankiae* entre o Lageado e Rubião. Os valores médios apresentaram diferença significativa pelo teste- $t$  ( $t = -2,837$ ;  $GL = 22$ ;  $P = 0,010$ ).

Tabela 1. Resultado da análise de regressão múltipla linear entre o peso seco de *A. schrankiae* (g) e os conteúdos de nitrogênio (g/kg de matéria seca) e taninos (mg ac. tânico/g mat. seca) entre plantas localizadas na área 1 (Lageado).

| Variável dependente | Variáveis independentes | $r^2$ | $b$                   | $t$   | $P$   |
|---------------------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|-------|
| Peso seco           | Conteúdo de nitrogênio  | 0,002 | $2,37 \times 10^{-6}$ | 0,094 | 0,927 |
|                     | Conteúdo de taninos     | 0,108 | $6,74 \times 10^{-6}$ | 0,739 | 0,476 |

Tabela 2. Resultado da análise de regressão múltipla entre o peso seco de *A. schrankiae* (g) e os conteúdos de nitrogênio (g/kg de matéria seca) e taninos (mg ac. tânico/g mat. seca) entre plantas localizadas na área 2 (Rubião).

| Variável dependente | Variáveis independentes | $r^2$ | $b$                   | $t$    | $P$   |
|---------------------|-------------------------|-------|-----------------------|--------|-------|
| Peso seco           | Conteúdo de nitrogênio  | 0,063 | $9,07 \times 10^{-6}$ | 0,667  | 0,526 |
|                     | Conteúdo de taninos     | 0,002 | $-7,1 \times 10^{-7}$ | -0,107 | 0,918 |

#### 4. Discussão

No presente estudo constatou-se que as sementes de *M. bimucronata* provenientes de frutos não infestados tiveram um melhor desempenho germinativo e melhor IVG do que as sementes de frutos infestados (Fig. 9). Este resultado mostra que a predação das sementes de *M. bimucronata* por *A. schrankiae* não tem apenas um efeito direto, uma vez que nas sementes predadas ocorre o consumo do embrião não ocorrendo a germinação (Tomaz et al., 2007), mas também um efeito indireto, já que as sementes saudáveis, provenientes de frutos infestados, apresentaram pior desempenho germinativo. No entanto, esta constatação pode variar dependendo da população em estudo, pois quando as populações foram analisadas separadamente, resultados significativos foram observados apenas em Rubião (Figs. 10 e 11).

Resultados de estudos recentes têm sugerido que a variação espacial dos efeitos tipo base-topo e topo-base deve ser levada em consideração em estudos de interações

tróficas, uma vez que em muitos casos as populações de plantas, as plantas individuais, e as diferentes partes de uma mesma planta, podem não ser homogêneas com relação as características químicas e físicas (Gaston et al., 2004; Roslin et al., 2006; Gripenberg & Roslin, 2007). Desta forma, mais estudos destinados a investigar efeitos tipo base-topo e topo-base em diferentes locais (populações) e escalas espaciais são necessários, fornecendo assim uma visão mais realista de como os principais processos inerentes às interações tróficas ocorrem em ambientes heterogêneos. O presente estudo claramente corrobora com este argumento, uma vez que o efeito tipo topo-base (efeito da predação na germinação) variou entre as populações de *M. bimucronata*.

Carvalho & Nakagawa (2000) destacam que no início da fase reprodutiva a exigência nutricional, para a maioria das espécies, torna-se mais intensa, sendo mais crítica por ocasião da formação de sementes, quando considerável quantidade de nutrientes, como fósforo, potássio e nitrogênio, são para elas translocadas, e essa maior exigência se deve ao fato de que esses nutrientes são essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva. Sendo assim, a boa formação do embrião e do órgão de reserva, assim como sua composição química, depende da disponibilidade de nutrientes para a planta, o que influencia o metabolismo e o vigor da semente.

Apesar de outros componentes químicos estarem envolvidos no processo germinativo, no presente estudo foi avaliado o conteúdo de nitrogênio das sementes de *M. bimucronata* devido a grande importância deste nutriente para a formação e desenvolvimento da semente. Dentre os vários elementos essenciais, o nitrogênio é um elemento mineral o qual as plantas necessitam em grandes quantidades, pois faz parte de muitos de seus componentes celulares (aminoácidos e ácidos nucléicos), por isso sua deficiência pode inibir o crescimento da planta (Taiz & Zaiger, 1998, Carmo & Penado, 2004). É um nutriente que está intimamente ligado à produção de proteínas e de inúmeras enzimas, que são constituintes importantes no desenvolvimento inicial do embrião durante a germinação das sementes (Melgar et al., 1991).

Partindo-se do princípio de que os níveis de nitrogênio podem refletir a qualidade dos frutos das plantas estudadas, as diferenças encontradas no processo germinativo podem ser explicadas pelos maiores níveis de nitrogênio encontrados nas sementes saudáveis das plantas da população do Lageado (Fig. 7), as quais seriam menos afetadas indiretamente pela predação, não alterando o processo germinativo. Conseqüentemente, em Rubião, onde foram encontrados níveis mais baixos de nitrogênio, as sementes

sadias provenientes de frutos infestados seriam mais afetadas, comprometendo a germinação.

É bem provável que as plantas localizadas no Lageado sejam de melhor qualidade, uma vez que a diferença encontrada na qualidade das plantas das duas populações pode ser atribuída ao tipo de solo. Em Rubião, o solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo com textura arenosa (Comissão de solos, 1960). Já no Lageado, tem-se o solo classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico com textura bem argilosa (Assis & Lanças, 2005), embora existam variações locais. Este último, por ter textura argilosa, tem maior capacidade de retenção de água e, possivelmente, maior capacidade de troca catiônica (CTC) (Anda, 1998), o que pode aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo um solo mais fértil do que um solo arenoso, típico da área de Rubião. No entanto, mais estudos sobre a relação entre a fertilidade dos solos e a qualidade das plantas de *M. bimucronata* são necessários, uma vez que esta planta tem a capacidade de obter nitrogênio da atmosfera através de bactérias simbiotas localizadas no sistema radicular (Patreze & Cordeiro, 2004).

Segundo Schoonhoven et al. (2005), apesar de ter um papel essencial nas interações entre insetos e plantas, o conteúdo total de nitrogênio de uma planta pode não ser um bom indicativo do seu real valor nutricional. Altos níveis de nitrogênio podem coincidir com componentes nitrogenados menos úteis metabolicamente para as plantas, como alcalóides, ou como taninos, os quais podem reduzir a eficiência digestiva. No presente estudo observou-se que as plantas do Lageado além de apresentarem maiores conteúdos de nitrogênio, também continham maiores conteúdos de taninos do que em Rubião (Fig. 8), existindo portanto uma relação direta entre taninos e nitrogênio. Apesar dos taninos serem indigestos para os insetos, indivíduos de *A. schrankiae* apresentaram maiores pesos corporais na população do Lageado, mesmo havendo um maior conteúdo de taninos (Fig. 12). Portanto, como maiores conteúdos de nitrogênio foram encontrados nestas plantas, é possível que houve um efeito compensatório, ou seja, os taninos não afetaram muito o desenvolvimento destes insetos devido a uma maior quantidade de nitrogênio.

Embora muitos estudos demonstrem uma relação positiva entre a performance dos insetos e o conteúdo de nitrogênio das plantas, tal relação nem sempre é verdadeira principalmente para estudos que investigam o desenvolvimento larval (Schoonhoven et al., 2005). Fischer & Fiedler (2000) observaram para uma espécie de Lepidoptera, que

um rápido desenvolvimento larval estava associado a uma maior mortalidade das pupas e redução do tamanho corporal dos insetos adultos. Neste caso, a performance dos insetos não estava correlacionada com uma rápida taxa de crescimento larval nas plantas ricas em nitrogênio. No entanto, no presente estudo observou-se que o conteúdo de nitrogênio nas sementes de *M. bimucronata* parece ser um fator limitante para o desenvolvimento de *A. schrankiae*, uma vez que insetos maiores foram encontrados nos frutos do Lageado, com maiores conteúdos de nitrogênio. Apesar de serem esperadas variações nos conteúdos de taninos e nitrogênio entre plantas de uma mesma população (Herrera & Pellmyr, 2002), não foram encontradas diferenças significativas entre o peso corporal dos bruquídeos e os conteúdos de nitrogênio e taninos em cada população, embora estudos locais (intrapopulacionais) mais detalhados são encorajados.

Sabe-se que durante o processo de germinação das sementes e estabelecimento das plântulas a competição por recursos (ex: luz, água, nutrientes) pode ser intensa (Silvertown & Charlesworth, 2001). Conseqüentemente, as sementes que apresentam melhores qualidades nutricionais (mantendo as demais variáveis constantes) geralmente levam vantagem durante o processo de germinação, promovendo um melhor estabelecimento e desempenho das plântulas. Esta diferença de desenvolvimento das plântulas influencia diretamente a estrutura de desempenho nas populações de plantas (Silvertown & Charlesworth, 2001; Gurevitch et al., 2002). No presente estudo, apesar de terem sido encontradas diferenças significativas nas porcentagens de germinação e no IVG entre sementes de frutos infestados e não infestados, não houve diferença significativa entre o peso seco das plântulas para ambas as áreas, demonstrando que após a germinação a produção de matéria seca por plântula individual não se alterou. Portanto, a predação não deve afetar a estrutura de desempenho das plântulas de *M. bimucronata*.

Quando a porcentagem de germinação, o IVG e o peso seco das plântulas foram comparados entre as duas populações, independente de serem provenientes de sementes de frutos infestados ou não, não foram encontradas diferenças significativas. Considerando os casos da porcentagem de germinação e do IVG, estes resultados reforçam a hipótese de que as diferenças encontradas entre sementes de frutos infestados e não infestados ocorreram de fato devido à ação indireta da predação e não devido a características intrínsecas de cada população.

No que diz respeito ao conteúdo de taninos encontrados em sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados, os resultados foram de certa forma conflitantes. Fine et al. (2004) constataram que espécies de plantas adaptadas a ambientes de baixa qualidade nutricional apresentavam uma concentração de defesas químicas maior, expressa pela relação taninos/nitrogênio. Portanto, é possível que a população de Rubião, provavelmente mais pobre em nutrientes, tenha respondido de forma mais intensa ao estresse, direcionando suas defesas para os frutos atacados (defesa induzida). No caso do Lageado, provavelmente mais rica em nutrientes, tal resposta não teria ocorrido. Assim, os menores conteúdos de nitrogênio e taninos encontrados em sementes de frutos infestados no Lageado podem ser o resultado da alimentação dos insetos nestes frutos, uma vez que estes consomem estes compostos durante a alimentação, reduzindo o conteúdo dos mesmos nas sementes sadias remanescentes, criando diferenças na alocação de recursos dentro dos frutos. Embora o resultado não tenha sido significativo, também se constatou um menor conteúdo de nitrogênio nas sementes de frutos infestados em Rubião, reforçando a hipótese de diferenças na alocação de recursos devido a predação. Apesar dos resultados encontrados por Fine et al. (2004) serem interessantes, mais pesquisas são necessárias comparando-se a produção de defesas químicas, especificamente de taninos, entre plantas de uma espécie, localizadas em ambientes ricos e pobres em nutrientes.

Estudos recentes vêm demonstrando a importância dos efeitos indiretos na organização das comunidades biológicas. Por exemplo, alguns estudos sobre efeitos em cascatas tróficas mostram que aumentos nas densidades populacionais de predadores de topo podem levar a aumentos na quantidade de recursos devido a decréscimos nas densidades dos consumidores (presas) (Paine, 1980; Carpenter et al., 1985; Polis, 1999; Polis et al., 2000). No entanto, alguns estudos sugerem que mudanças comportamentais nas espécies em interação também podem ser relevantes, em que a mera presença do predador, que não precisa se alimentar dos consumidores, já seria suficiente para acarretar um forte efeito cascata (Peacor & Werner, 2001; Schmitz et al., 2004; Škaloudová et al., 2007). No presente estudo constatou-se que a predação das sementes de *M. bimucronata* por *A. schrankiae* pode prejudicar a germinação das sementes não predadas dentro dos frutos. Embora de certa forma diferente da idéia principal do que seria um típico efeito indireto em interações tróficas, o fato das sementes sadias serem afetadas pela infestação nos frutos pode ser caracterizado como um efeito indireto da

predação de sementes. Assim, conclui-se que estes resultados corroboram com os achados preliminares do estudo de Tomaz et al. (2007), em que evidências do efeito indireto da predação de sementes de *M. bimucronata* foram encontradas.

## 5. Conclusões

1. As sementes de *M. bimucronata* provenientes de frutos não infestados apresentaram melhor desempenho germinativo (porcentagem de germinação e IVG) do que as sementes de frutos infestados, indicando que a predação das sementes de *M. bimucronata* por *A. schrankiae* não tem apenas um efeito direto, mas também um efeito indireto na germinação.
2. Apesar das sementes de *M. bimucronata* provenientes de frutos não infestados terem apresentado um melhor desempenho germinativo, tal constatação pode variar dependendo da população em estudo, indicando que a variação espacial dos efeitos tipo base-topo e topo-base deve ser levada em consideração em estudos de cadeias tróficas.
3. Os indivíduos de *A. schrankiae* apresentaram maiores pesos corporais nas plantas do Lageado, população com maiores conteúdos de taninos e nitrogênio. Portanto, o conteúdo de nitrogênio nas sementes de *M. bimucronata* parece ser um fator limitante para o desenvolvimento de *A. schrankiae*.
4. A predação por *A. schrankiae* não deve afetar a estrutura de desempenho das plântulas de *M. bimucronata*, já que não houve diferença significativa entre o peso seco das plântulas para ambas as áreas.

## 6. Referências Bibliográficas

- Anda (1998) Manual internacional de fertilidade do solo. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, São Paulo.
- A.O.A.C. (1995) Official methods of analysis of AOAC Internacional. Cuniff, P. Z. (ed). 16 ed, v.1, Arlington, Virginia. cap. 3, p. 24.
- Assis RL & Lanças KP (2005) Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. Revista Brasileira de Ciência do Solo 29: 515-522.



- Awmack CS & Leather SR (2002) Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 47: 817-844.
- Birch ANE, Simmonds, MSJ, Blaney WM (1989) Chemical interactions between bruchids and legumes. In: Stirton CH & Zarucchi JL (eds) *Advances in Legume Biology. Monographs in Systematic Botany*, Missouri Botanical Garden, Missouri, pp 781-809.
- Brasil (1992) Regras para análise de sementes, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, SNDA/DNDV/CLAV, Brasília.
- Carmo FMS & Penado PHS (2004) Influência do Aspecto nutricional de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na preferência alimentar da lagarta desfolhadora *Eupseudosoma involuta* (Lepdoptera. Arctidae). *Revista Árvore* 28:749-754.
- Carpenter S K, Kitchell JF & Hodgson JR (1985) Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35: 634-639.
- Carvalho WA, Espíndola CR & Paccola AA (1983) Levantamento de solos da fazenda Lageado estação experimental "Presidente Médice". FCA/Unesp, Botucatu, SP.
- Carvalho NM, Nakagawa J (2000) Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4ª ed, Funep, Jaboticabal, SP.
- Comissão de solos (1960) Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Ministério da Agricultura, Boletim 12, 605p.
- Crawley, M J (1996) *Plant ecology*. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Fine PVA, Mesones I & Coley PD (2004) Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian Forest. *Science* 305: 663-665.
- Fischer K & Fiedler K (2000) Response of the copper butterfly *Lycaena tityrus* to increased leaf nitrogen in natural food plants: evidence against the nitrogen limitation hypothesis. *Oecologia* 124: 235-241.
- Folin O & Ciocalteu V (1927) On tyrosine and tryptophane determination in proteins. *Journal of Biological Chemistry* 73: 424-427.
- Fox CW (2000) Natural selection on seed-beetle egg size in nature and the laboratory: variation among environments. *Ecology* 81: 3029-3035.
- Fox CW & Mousseau TA (1996) Larval host plant affects fitness consequences of egg size variation in the seed beetle *Stator limbatus*. *Oecologia* 107: 541-548.

- Fox CW, Waddell KJ & Mousseau TA (1994) Host-associated fitness variation in a seed beetle (Coleoptera: Bruchidae): evidence for local adaptation to a poor quality host. *Oecologia* 99: 329-336.
- Gaston, KJ, Genney, DR, Thurlow, M & Hartley SE (2004) The geographical range structure of the holly leaf-miner. IV. Effects of variation in host-plant quality. *Journal of Animal Ecology* 73: 911–924.
- Gripengberg S & Roslin T (2007) Up or down in space? Uniting the bottom-up versus top-down paradigm and spatial ecology. *Oikos* 116: 181–188.
- Gurevitch J, Scheiner SM & Fox GA (2002) *The ecology of plants*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Hairton NG, Smith FE & Slobodkin LB (1960) Community structure, population control and competition. *American Naturalist* 94: 421-425.
- Herrera CM & Pellmyr O (2002) *Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Hunter MD, Varley, GC & Gradwell GR (1997) Estimating the relative roles of top-down and bottom-up forces on insect herbivore populations: a classic study revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94: 9176-9181.
- Janzen DH (1971) Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 465-492.
- Kagata H, Nakamura M & Ohgushi T (2005) Bottom-up cascade in a tri-trophic system: different impacts of host-plant regeneration on performance of a willow leaf beetle and its natural enemy. *Ecological Entomology* 30: 58-62.
- Kaitaniemi P, Ruohomäki K, Tammaru T & Haukioja E (1999) Induced resistance of host tree foliage during and after a natural insect outbreak. *Journal of Animal Ecology* 68: 382-389.
- Kestring, D (2007) *Comportamento Germinativo e Predação de Sementes em *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Fabaceae:Mimosoideae): Dinâmica de Germinação, Hipoxia e Qualidade Nutricional*. Dissertação de mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) - Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, Botucatu, SP.
- Leather SR (1988) Size reproductive potential and fecundity in insects: things aren't as simple as they seem. *Oikos* 51: 386-389.
- Lorenzi H (2000) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*, 3<sup>a</sup> ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP.

- Maguire JD (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Marchiori JNC (1993) Anatomia da madeira e casca do Marica, *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. *Ciência Florestal* 3: 85-106.
- McGarigal K, Cushman S & Stafford S (2000) *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*, 2<sup>a</sup>ed. Springer Science, New York, NY.
- Melgar RJ, Simith TJ, Cravo, MS, Sánchez PA (1991) Rates and dates of nitrogen fertilizer application for maize on a latossol in the central Amazonia region. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 15:289-296.
- Nylin S & Gotthard K (1998) Plasticity in life-history traits. *Annual Review of Entomology* 43: 63-83.
- Paine RT (1980) Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology* 49: 667-685.
- Patreze CM & Cordeiro L (2004) Nitrogen-fixing and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses in some tropical legume trees of tribe Mimoseae. *Forest Ecology and Management* 196: 275-285.
- Peacor SD & Werner EE (2001) The contribution of trait-mediated indirect effects to the net effects of a predator. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 3904-3908.
- Polis GA (1999) Why are parts of the world green? Multiple factors control productivity and the distribution of biomass. *Oikos* 86: 3-15.
- Polis GA, Sears ALW, Huxel G, Strong DR & Maron J (2000) When is a trophic cascade a trophic cascade? *Trends in Ecology & Evolution* 15: 473-475.
- Popinigis F (1977) *Fisiologia da semente*, Agiplan, Brasília.
- Price P (1992) Plant resources as the mechanistic basis for insect herbivore population dynamics. In: Hunter M, Ohgushi T & Price PW *Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions* (eds) Academic Press, San Diego, California, pp 139-173.
- Reitz R, Klein RM & Reis A (1983) Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia*, 35: 1-525.

- Roininem H, Price PW & Tahvanainen J (1996) Bottom-up and top-down influences in the trophic system of a willow, a galling sawfly, parasitoids and inquilines. *Oikos* 77: 44-50.
- Roslin T, Gripenberg S, Salminen JP, Karonen M, O'hara RB, Pihlaja K & Pulkkinen P (2006) Seeing the trees for the leaves – oaks as mosaics for a host-specific moth. *Oikos* 113: 106–120.
- Schmitz OJ, Křivan V & Ovadia O (2004) Trophic cascades: the primacy of trait-mediated indirect interactions. *Ecology Letters* 7: 153-163.
- Schoonhoven LM, Van Loon JJA & Dicke M (2005) *Insect-Plant Biology*, 2<sup>a</sup>ed. Oxford University Press, New York.
- Silva LA, Maimoni-Rodella RCS & Rossi MN (2007) A preliminary investigation of pre-dispersal seed predation by *Acanthoscelides schrankiae* Horn (Coleoptera: Bruchidae) in *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze trees. *Neotropical Entomology* 36: 197-202.
- Silvertown JW & Charlesworth D (2001) *Introduction to plant population biology*, 4<sup>a</sup>ed. Blackwell Science, Oxford, Uk.
- Škaloudavá B, Zemek R & Křivan V (2007) The effect of predation risk on an acarine system. *Animal Behaviour* 74: 813-821.
- Southgate BJ (1979) Biology of the Bruchidae. *Annual Review of Entomology* 24: 449-473.
- Stiling P D (1999) *Ecology: theories and applications*, 3<sup>a</sup> ed. Prentice Hall, New Jersey, NJ.
- Stiling P & Rossi AM (1997) Experimental manipulations of top-down and bottom-up factors in a tri-trophic system. *Ecology* 78:1602-1606.
- Szentezi A & Jermy T (1995). Pre-dispersal seed predation in leguminous species: seed morphology and bruchid distribution. *Oikos* 73: 23-32.
- Taiz L & Zaiger E (1998) *Plant Phisiology*, 2<sup>a</sup> ed. Sinauer Associates, Inc. Massachusettes.
- Teder T & Tammaru T (2002) Cascading effects of variation in plant vigour on the relative performance of insect herbivores and their parasitoids. *Ecological Entomology* 27:94-104.

- Tomaz, CA, Kestring, D & Rossi, MN (2007). Effects of the seed predator *Acanthoscelides schrankiae* on viability of its host plant *Mimosa bimucronata*. Biological Research (in press).
- Turchin P, Taylor AD & Reeve JD (1999) Dynamical role of predators in population cycles of a forest insect: an experimental test. Science 285: 1068-1071.
- Turlings TCJ & Benrey B (1998) Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. Ecoscience 5:321-333.
- Who E (1993) Food consumption, life-history and determinants of host range in the bruchid beetle *Specularius impressithorax* (Coleoptera, Bruchidae). Journal of Stored Products Research 29: 53-62.
- Zar, JH (1999). Biostatistical analysis, 4<sup>a</sup> ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

# *Capítulo 2*

*Germinação de Sementes de Mimosa bimucronata  
sob Elevadas Temperaturas*

## Germinação de Sementes de *M. bimucronata* sob Elevadas Temperaturas

**Resumo** – *Mimosa bimucronata* geralmente ocupa áreas contendo vegetação composta de plantas invasoras herbáceas, na maioria gramíneas, e durante a estação seca é comum a ocorrência de queimadas naturais. O presente estudo investigou a hipótese de que o processo germinativo das sementes de *M. bimucronata* pode ser acelerado após exposição moderada ao fogo. Frutos maduros de *M. bimucronata* foram coletados aleatoriamente de duas populações. Na simulação em campo foram utilizados quatro recipientes metálicos de alumínio preenchidos por quantidade determinada de solo, e em cada recipiente foram adicionadas 400 sementes e diferentes quantidades de material vegetal (gramíneas): 0g, 150g, 300g e 450g. Para cada tratamento, as sementes foram colocadas na superfície do solo ou enterradas a 2cm da superfície. Em seguida houve a queima do material vegetal, e as temperaturas durante todo o processo de queima foram obtidas por termômetro tipo Thermocouple. Logo após a queima, realizou-se o teste de germinação, que ocorreram em dois momentos distintos: imediatamente após a queima, e 24 horas após a queima. Em seguida foram feitos experimentos em estufa baseando-se nas temperaturas obtidas dos tratamentos com sementes a 2cm da superfície do solo. Novamente, o teste de germinação foi realizado imediatamente e 24 horas após as sementes serem mantidas em estufa. Os resultados mostraram que, durante o processo de queima, as temperaturas na superfície do solo foram muito elevadas a ponto de serem letais para as sementes. Porém, as sementes situadas a 2cm atingiram altas temperaturas, que eram menores do que na superfície, o que não inviabilizou a germinação. A maior quantidade de material vegetal (450g) resultou em menor porcentagem de germinação, mostrando que o aumento na temperatura pode afetar significativamente o processo germinativo das sementes. A exposição das sementes de *M. bimucronata* a temperaturas moderadas pode ter levado a uma maior velocidade de germinação, de acordo com as temperaturas obtidas nos tratamentos de 150g e 300g. Para os testes em estufa, o IVG das sementes umedecidas logo após o aquecimento foi menor do que o IVG daquelas umedecidas 24 horas depois. No entanto, os motivos que levaram às diferenças de IVG das sementes entre as horas de umedecimento não estão claros, e estudos futuros sobre este processo são encorajados.

**Palavras-chave:** *Mimosa bimucronata*, germinação, sementes, ação do fogo, altas temperaturas.

## Germination of *Mimosa bimucronata* Seeds Under High Temperatures

**Abstract** – *Mimosa bimucronata* usually grows in areas surrounded by herbaceous weed plants, and during dry season natural burnings are common. This study investigated the hypothesis that the germination process of *M. bimucronata* seeds is accelerated after fire treatments. Mature *M. bimucronata* fruits were collected randomly from two plant populations. For fire simulations four aluminium metallic recipients were used, and each recipient was filled with soil. Four hundred seeds were added in each recipient and grasses with different dry weights were positioned on the soil for burning: 0g, 150g, 300g and 450g. For each treatment, seeds were either positioned on the soil surface or buried 2cm depth. Grasses were burned and temperatures were recorded with a Thermocouple thermometer during the entire burning process. After burning, the germination experiments were carried out in two different moments: right after the burning process, and 24 hours after burning. Experiments on an oven, reproducing the same temperatures experienced by seeds situated 2cm below soil surface, were also carried out. As above, germination tests were carried out right after and 24 hours after the treatments on high temperatures. Results showed that temperatures on soil surface were very high, which were lethal for all *M. bimucronata* seeds. However, below soil surface the temperatures were smaller than those on the surface, allowing seed germination. The percentage of germination was significantly decreased after burning 450g of dry grass. However, burning 150g and 300g of dry grass probably increased germination speed because the Germination Speed Index (GSI) was significantly greater at these treatments. For tests in the oven, the GSI of seeds wetted right after the burning process was significantly smaller than those seeds wetted 24 hours latter. Nevertheless, the reasons for differences between different wetting periods are not clear and future experiments aimed to investigate this question are encouraged.

**Key-words:** *Mimosa bimucronata*, germination, seeds, fire regimes, high temperatures.



## 1. Introdução

Após um evento de distúrbio como uma queimada em um ecossistema, o re-estabelecimento de uma população de plantas depende do processo germinativo das sementes armazenadas no solo, pois a morte das plantas adultas pode prejudicar a dispersão de sementes a longa distância. Sendo assim, as mudanças em um ecossistema propenso a perturbações, assim como a ação do fogo, pode estimular a germinação de sementes em algumas espécies, pois as alterações das condições ambientais podem ser favoráveis ao estabelecimento das sementes através, por exemplo, da quebra de dormência, ou da abertura e liberação das sementes pelos frutos (Pickup et al., 2003; Auld et al., 2006).

O fogo pode estimular a germinação de forma direta ou indireta: o estímulo é direto quando leva à abertura de frutos, ou quando induz a germinação de sementes dormentes armazenadas no solo; já o estímulo indireto é quando as sementes são estimuladas a germinar pela abertura de brechas pelo fogo em vegetações fechadas, o que melhora as condições susceptíveis das sementes à germinação ( Keely & Fortheringham, 2000).

A dormência é um mecanismo que impede a germinação, pois se caracteriza pela incapacidade de germinar das sementes mesmo quando são expostas a condições ambientais favoráveis (Vieira & Fernandes, 1997). É um processo que permite a adaptação das sementes para a sobrevivência das espécies, pois geralmente faz com que as sementes mantenham-se viáveis por maiores períodos de tempo, sendo quebrada em situações propícias à germinação (Floriano, 2004; Kestring, 2007).

A dormência de sementes pode ser causada por substâncias inibidoras, por resistência mecânica dos tecidos externos ao embrião, pela imaturidade do embrião ou pela dormência do próprio embrião (Kramer & Kozlowski, 1972; Floriano, 2004), e essas causas podem ser: de origem exógena, que ocorre quando há impermeabilidade total ou parcial do tegumento à água ou gases; ou de origem endógena, que ocorre quando há imaturidade do embrião, ou inibição fisiológica que impede o desenvolvimento do embrião (Fowler & Bianchetti, 2000; Baskin & Baskin, 2001).

Em geral, as sementes estimuladas pelo fogo apresentam dormência exógena (Keely & Fortheringham, 2000), desta forma, a fase de embebição da semente, que é um processo físico de entrada de água por difusão e pode ser considerada a causa imediata da

germinação (Fosket, 1994), tende a ser interrompida pela barreira física do tegumento, e o fogo pode agir rompendo esta barreira, permitindo a germinação (Brits et al., 1993).

O estímulo à germinação das espécies que possuem sementes com tegumento resistente à entrada de água apresenta variações dependendo da intensidade e duração das temperaturas a que são expostas, uma vez que há espécies que necessitam de curto tempo de exposição a temperaturas elevadas (por exemplo, 5 min à 105°C), e outras que necessitam de um tempo maior de exposição a temperaturas não tão altas (por exemplo, 1 h a 70°C) (Keely & Fortheringham, 2000).

Ecossistemas de clima mediterrâneo, que são caracterizados por apresentarem verão quente e seco, destacam-se por possuírem freqüentes eventos de intensas queimadas (Bell et al., 1993; Pausas, 2004). Em outros ecossistemas, o estímulo à germinação pelo fogo não é comum, mas pode estar presente em espécies de diversas famílias de plantas que ocorrem em florestas de clima temperado (Keely & Fortheringham, 2000).

Estudos sobre o efeito da elevada temperatura na germinação de sementes, causada por queimadas de origem natural ou antrópica, podem ser encontrados na literatura (Herranz et al., 1998; Almeida et al., 2005; Banda et al., 2006; Vivar-Evans et al., 2006; Herrero et al., 2007). Por exemplo, Herranz et al. (1998) buscou compreender as influências das altas temperaturas na germinação de sete espécies de leguminosas, típicas de ecossistemas propícios ao fogo no sudeste da Espanha. Os autores submeteram as sementes a temperaturas de 90, 120, e 150°C com duração de 1, 5 e 10min, valores estes similares aos obtidos na superfície do solo durante a queimada, e também testaram o efeito de temperaturas mais baixas por um maior período de exposição: 50°C por 10, 15, 30 e 60min, e 70°C por 5 e 10min.

Os resultados mostraram que, para as sementes expostas até 50°C não houve aumento da germinação para nenhuma das espécies estudadas quando comparadas ao grupo controle, e para aquelas expostas a 70°C, apenas uma espécie apresentou um irrelevante aumento na germinação. As temperaturas de 90, 120 e 150°C, por períodos de 5, 10 e 1 minuto, respectivamente, foram as mais efetivas em promover a germinação para a maioria das espécies estudadas. Porém, a proporção de sementes germinadas após o aquecimento foi bem menor quando comparada à germinação das sementes escarificadas mecanicamente, ou por choque térmico em água aquecida a 100°C.

Banda et al. (2006) realizaram um interessante estudo com sementes de *Pterocarpus angolensis* (Fabaceae), espécie de leguminosa típica da África sub-Sahariana. As sementes foram expostas a temperaturas iguais às obtidas no campo e a germinação após o fogo foi considerada. Os resultados indicaram que as sementes submetidas à exposição moderada ao fogo apresentaram altas porcentagens de germinação quando comparadas com as sementes que não foram expostas ao fogo. Porém, ao expor as sementes a temperaturas elevadas por maior intervalo de tempo, uma baixa porcentagem de germinação foi observada, resultando em alta mortalidade das sementes devido à ação direta do fogo.

Os estudos sobre a influência da elevada temperatura na germinação de sementes mostram que as elevadas temperaturas, promovidas por diversas causas, podem influenciar significativamente a germinação das sementes, dependendo da espécie em questão. Essa influência, por sua vez, torna-se positiva ou negativa, ou seja, acelera ou diminui o processo germinativo, sendo dependente do tempo de exposição, da temperatura e das condições físicas das sementes.

Apesar de *M. bimucronata* ocupar habitats próximos a cursos d'água (Lorenzi, 2000), estas plantas estão geralmente localizadas em áreas contendo vegetação composta de plantas invasoras herbáceas, na maioria gramíneas. Portanto, durante a estação seca, quando ocorre a maior produção e queda de frutos maduros, é comum a ocorrência de queimadas naturais, devido à seca da vegetação (Foto 1). Considerando que as sementes de *M. bimucronata* possuem certa resistência do tegumento para iniciar a germinação (tegumento semipermeável), pois a escarificação química acelera o processo germinativo (Kestring, 2007; Tomaz et al., 2007), o presente estudo investiga a hipótese de que o processo germinativo das sementes de *M. bimucronata* pode ser acelerado após exposição moderada ao fogo. Além disso, a germinação das sementes sob temperaturas moderadas foi estudada em condições de laboratório, com o objetivo de comparar com os resultados provenientes das simulações em campo.



Foto1. Área com ocorrência de *M. bimucronata* que sofreu exposição ao fogo.

## 2. Materiais e métodos

Primeiramente, foram realizados experimentos simulando condições de campo. Para tanto, frutos maduros de *M. bimucronata* foram coletados aleatoriamente de duas populações. Uma delas está localizada em área pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista – UNESP/Botucatu (22° 50' 52" S; 48° 25' 46" W), Estado de São Paulo; e a outra encontra-se nas proximidades da Universidade Estadual Paulista – UNESP/Botucatu, Campus de Rubião Júnior (22° 53' 07" S; 48° 29' 23" W), Estado de São Paulo. No laboratório os frutos foram dissecados manualmente retirando-se as sementes saudáveis para a realização dos experimentos.

Para a realização dos experimentos, recipientes metálicos de alumínio (35cm x 25cm x 5cm) foram utilizados. Cada recipiente foi preenchido por uma quantidade determinada de solo (5,5 Kg) esterilizado em estufa a 120°C por 1 hora. Em seguida, 400 sementes foram colocadas em cada recipiente, as quais foram posicionadas na porção mais central, distantes cerca de 0,5cm umas das outras. Sobre o solo, quantidades diferentes de material vegetal foram adicionadas: 0g, 150g, 300g e 450g. Portanto, quatro tratamentos foram propostos, caracterizados pelas diferentes quantidades de material vegetal, uma vez que, dependendo da quantidade, variações no tempo de duração do período de queima e na temperatura máxima atingida seriam esperadas. A não adição de material vegetal (0g) caracterizou o grupo controle.

O material vegetal utilizado correspondeu a gramíneas que foram obtidas diretamente das áreas de ocorrência das populações de *M. bimucronata*. Como as gramíneas coletadas nem sempre estavam devidamente secas, estas foram previamente submetidas a secagem em estufa a 120°C por 1 hora. Em seguida, o material era pesado até a obtenção das respectivas quantidades necessárias para a realização dos experimentos.

Para cada tratamento, as sementes foram colocadas de duas maneiras diferentes nos recipientes: 1) na superfície do solo; ou 2) enterradas 2cm da superfície do solo. Portanto, cada tratamento apresentava duas variações. Cinco réplicas foram utilizadas para cada variação em cada tratamento (quantidade de material vegetal x localização das sementes).

O procedimento seguinte consistiu em promover a queima do material vegetal colocado sobre cada recipiente. As temperaturas durante todo o processo de queima foram obtidas por termômetro tipo Thermocouple (H12-001 Type J) e registradas em software apropriado (Box Car 3.7), as quais foram registradas a cada segundo, desde o início até o final do processo de queima. As medições das temperaturas foram feitas em duas condições de acordo com a localização das sementes nos recipientes, ou seja, com o termômetro na superfície ou 2cm abaixo da superfície solo. Todo o processo de queima foi realizado ao ar livre.

Logo após a queima, as sementes foram retiradas dos recipientes e levadas ao laboratório para a realização dos testes de germinação, e este procedimento ocorreu em dois momentos distintos: 1) imediatamente após a queima; e 2) 24 horas após a queima. Como nos testes de germinação as sementes são umedecidas. A escolha de diferentes momentos para a avaliação da germinação serviu para simular a presença de chuva logo após ou 24 horas após o fogo. As sementes foram separadas em cinco repetições de 20 sementes para cada variável por tratamento. Portanto, em princípio, todo o delineamento experimental seguiria o esquema fatorial 4 x 2 x 2 (Zar, 1999), ou seja, quatro quantidades de gramíneas, duas profundidades das sementes e dois momentos de avaliação (horas até o umedecimento das sementes). No entanto, como todas as sementes posicionadas sobre a superfície do solo morreram devido às altas temperaturas e, conseqüentemente, não germinaram (ver comentário nos Resultados), esta variável não fez parte das análises estatísticas. Desta forma, o delineamento experimental seguiu o esquema fatorial 4 x 2, ou seja, quatro quantidades de gramíneas e dois momentos de avaliação.

A queima de cada quantidade de material vegetal foi feita em dois dias consecutivos, com o objetivo de repetir cada tratamento, não se limitando a apenas um evento de queima. Para cada dia utilizou-se um recipiente de alumínio contendo 400 sementes. Portanto, no total foram utilizadas 800 sementes para cada quantidade de material vegetal. Assim, para as análises estatísticas, os valores médios obtidos dos dois dias de avaliação foram considerados. No caso do grupo controle, uma quantidade menor de sementes foi utilizada, uma vez que este tratamento foi o último a ser realizado, e seu delineamento foi organizado de acordo com o número de sementes restantes. Neste caso foram utilizadas 480 sementes, sendo 240 para cada dia de experimentação e, ao invés de cinco, três repetições de 20 sementes foram utilizadas para cada variável.

Ao final dos experimentos simulando condições de campo, foram feitos experimentos em estufa baseando-se nas temperaturas obtidas dos tratamentos com sementes a 2cm da superfície do solo. Neste caso, as temperaturas obtidas durante todo o processo de queima nos três tratamentos (150g, 300g e 450g) foram reproduzidas na estufa de circulação de ar, considerando-se o mesmo tempo de exposição (ver figuras 3 e 4). Portanto, para os testes em estufa, quatro tratamentos foram novamente utilizados, sendo que o grupo controle não sofreu a ação de altas temperaturas. Para cada tratamento as sementes foram colocadas sobre vermiculita e levadas à estufa (exceto o grupo controle). Como acima, os testes de germinação foram realizados imediatamente e 24 horas após as sementes serem mantidas em estufa. O delineamento experimental novamente seguiu o esquema fatorial 4 x 2 (Zar, 1999), ou seja, quatro temperaturas (simulando as quantidades de gramíneas) e dois momentos de avaliação. Como as temperaturas obtidas na superfície do solo foram muito elevadas, não foi possível simular esta condição na estufa, pois excedia a capacidade máxima de leitura. Cinco repetições de 20 sementes foram utilizadas para cada variável por tratamento, com exceção do grupo controle, em que foram utilizadas três repetições, repetindo-se o delineamento dos experimentos de exposição ao fogo. Todos os testes em estufa foram repetidos em dois dias consecutivos, portanto, os valores médios foram considerados nas análises estatísticas.

Para todos os experimentos descritos acima, as leituras de contagem de plântulas para a estimativa da porcentagem de germinação foram feitas durante um período de 21 dias, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992), sendo que as

contagens de plântulas foram feitas a cada três dias. Em seguida, a porcentagem de germinação e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foram calculados. Para os testes de germinação, as sementes foram colocadas sobre duas folhas de papel filtro umedecido com 12ml de água destilada (Brasil, 1992), em placas de Petri transparentes (14,5 cm x 1,5 cm). Cada placa correspondeu a uma repetição. Estas foram colocadas em câmara de germinação (B.O.D.) com temperatura alternada de 20-30 °C e fotoperíodo de 18 horas de luz, com o período de luz correspondendo ao período de maior temperatura (Tomaz et al., 2007). Os dados obtidos foram analisados pela Análise de Variância (2-Way-ANOVA, com interação entre os fatores), pelo teste *F*, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SAS (SAS, 2001). Quando resultados significativos foram encontrados, modelos de regressão polinomial foram ajustados aos valores médios (Zar, 1999). As temperaturas obtidas durante todo o processo de queima em cada tratamento e em cada dia de experimentação, foram apresentadas graficamente.

### 3. Resultados

As figuras 1 e 2 apresentam as temperaturas durante todo o processo de queima no primeiro e no segundo dia de experimentação, respectivamente, considerando cada quantidade de material vegetal utilizado, em que as temperaturas foram obtidas na superfície do solo. Observa-se na figura 1 que a temperatura máxima com 300g de material vegetal foi maior do que com 450g. Esta diferença pode ser atribuída às condições ambientais no momento da queima. Por exemplo, a ação do vento pode aumentar a eficiência do processo de queima fazendo com que temperaturas elevadas sejam atingidas, mesmo com uma quantidade de material vegetal menor. No entanto, no segundo dia de experimentação, as temperaturas apresentaram um padrão mais próximo do esperado, ou seja, as maiores temperaturas foram atingidas nas maiores quantidades de material vegetal (Fig. 2). Em ambos os casos, todas as sementes de *M. bimucronata* posicionadas na superfície do solo não suportaram as altas temperaturas, uma vez que houve 0% de germinação.

Quando foram tomadas 2cm abaixo da superfície do solo, as temperaturas máximas apresentaram valores bem abaixo daquelas obtidas na superfície (Figs. 3 e 4). Na figura 3

constata-se que as temperaturas máximas nas quantidades de 150g e 300g são praticamente iguais (em torno de 47°C), apesar da temperatura ter se elevado mais rapidamente na quantidade de 300g de material vegetal. Ainda na figura 3, na quantidade de 300g, observa-se uma rápida elevação da temperatura no final do período de queima (52°C), a qual permaneceu por apenas nove segundos. Apesar de uma considerável variação do tempo de queima entre as diferentes quantidades de material vegetal, as temperaturas máximas obtidas no segundo dia de experimentação foram mais próximas do esperado, ou seja, as maiores temperaturas foram atingidas nas maiores quantidades de material vegetal (Fig. 4).

Os resultados das análises de variância, para o experimento realizado no campo, permitem observar que os valores médios da porcentagem de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), após as sementes serem expostas ao fogo, apresentaram resultados significativos apenas com relação à quantidade de material vegetal utilizado para a queima (Tabela 1). Portanto, não houve diferença significativa entre as horas até o umedecimento (0 e 24hs após o fogo) e considerando as interação entre os fatores (Tabela 1). Quando os valores médios da porcentagem de germinação foram comparados entre os tratamentos, pela análise de regressão, constatou-se pela curva que a porcentagem de germinação esteve praticamente constante, com pequenas variações (entre os tratamentos de 0, 150 e 300g) com posterior queda para o tratamento composto por 450g de material vegetal (Fig. 5). No entanto, quando os valores médios do IVG foram avaliados, constatou-se pela curva que os maiores valores encontravam-se nas sementes dos tratamentos de 150 e 300g de material vegetal seguido de queda para o tratamento de 450g (Fig. 6).

No caso dos experimentos conduzidos em estufa, em que se simulou o tempo de duração e as temperaturas obtidas dos testes em campo, os resultados das análises de variância demonstraram que os valores médios da porcentagem de germinação apresentaram resultados significativos apenas com relação à quantidade de material vegetal utilizado para a queima (Tabela 2). Portanto, não houve diferença significativa entre as horas até o umedecimento (0 e 24hs após temperaturas moderadas) e considerando as interação entre os fatores (Tabela 2). Quando os valores médios da porcentagem de germinação foram comparados entre os tratamentos pela análise de regressão, constatou-se pela curva que houve um aumento da porcentagem de germinação até o tratamento de 150g com pequena queda para 300g, seguido de um maior declínio a 450g (Fig. 7). Já no caso da



análise de variância comparando-se os valores médios do IVG, constatou-se diferença significativa tanto entre as diferentes quantidades de material vegetal, como entre as diferentes horas até o umedecimento das sementes (Tabela 2), em que o maior valor médio foi obtido nas sementes umedecidas após 24 horas (Fig. 8). A curva representando os valores médios do IVG demonstrou que houve um aumento até o tratamento de 300g seguido de declínio até 450g (Fig. 8).

Tabela 1. Comparação dos valores médios da porcentagem de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) após as sementes serem expostas ao fogo. As comparações foram feitas entre as diferentes quantidades de material vegetal (0g, 150g, 300g e 450g), entre as horas até o umedecimento (0 e 24hs após o fogo) e considerando as interação entre os fatores, através da análise de variância.

| <b>Variável dependente</b> | <b>Fonte de variação</b>               | <b>GL</b> | <b>QM</b> | <b>F</b> | <b>P</b>  | <b>CV</b> |
|----------------------------|--|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| % de Germinação            | Quantidade de material vegetal         | 3         | 901,26    | 15,09    | < 0,0001* | 18,33     |
|                            | Horas                                  | 1         | 10,85     | 0,18     | 0,673     |           |
|                            | Quantidade de material vegetal x Horas | 3         | 120,98    | 2,03     | 0,133     |           |
| IVG                        | Quantidade de material vegetal         | 3         | 12,35     | 20,28    | < 0,0001* | 19,38     |
|                            | Horas                                  | 1         | 0,31      | 0,51     | 0,481     |           |
|                            | Quantidade de material vegetal x Horas | 3         | 1,00      | 1,65     | 0,203     |           |

\*Significativo a 1% de probabilidade

Tabela 2. Comparação dos valores médios da porcentagem de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) após as sementes serem expostas a temperaturas moderadas em estufa. As comparações foram feitas entre as temperaturas obtidas da queima das diferentes quantidades de material vegetal nos testes em campo (0g, 150g, 300g e 450g), entre as horas até o umedecimento (0 e 24hs após o fogo) e considerando as interação entre os fatores, através da análise de variância.

| Variável dependente | Fonte de variação                      | GL | QM     | F     | P         | CV    |
|---------------------|--|----|--------|-------|-----------|-------|
| % de Germinação     | Quantidade de material vegetal         | 3  | 465,60 | 14,49 | < 0,0001* | 15,06 |
|                     | Horas                                  | 1  | 105,00 | 3,27  | 0,081     |       |
|                     | Quantidade de material vegetal x Horas | 3  | 76,99  | 2,40  | 0,089     |       |
| IVG                 | Quantidade de material vegetal         | 3  | 1,86   | 3,00  | 0,047*    | 22,34 |
|                     | Horas                                  | 1  | 5,13   | 8,26  | 0,008*    |       |
|                     | Quantidade de material vegetal x Horas | 3  | 0,51   | 0,82  | 0,495     |       |

\* Significativo a 5% de probabilidade

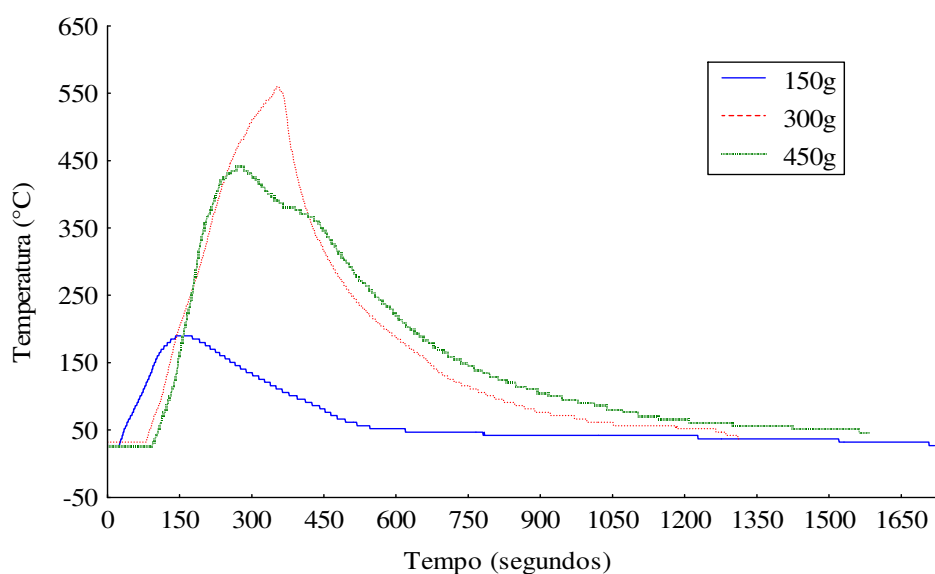


Figura 1. Temperatura (°C) e tempo de duração (segundos) dos eventos de queima das diferentes quantidades de material vegetal. As temperaturas foram obtidas na superfície do solo no primeiro dia do experimento.

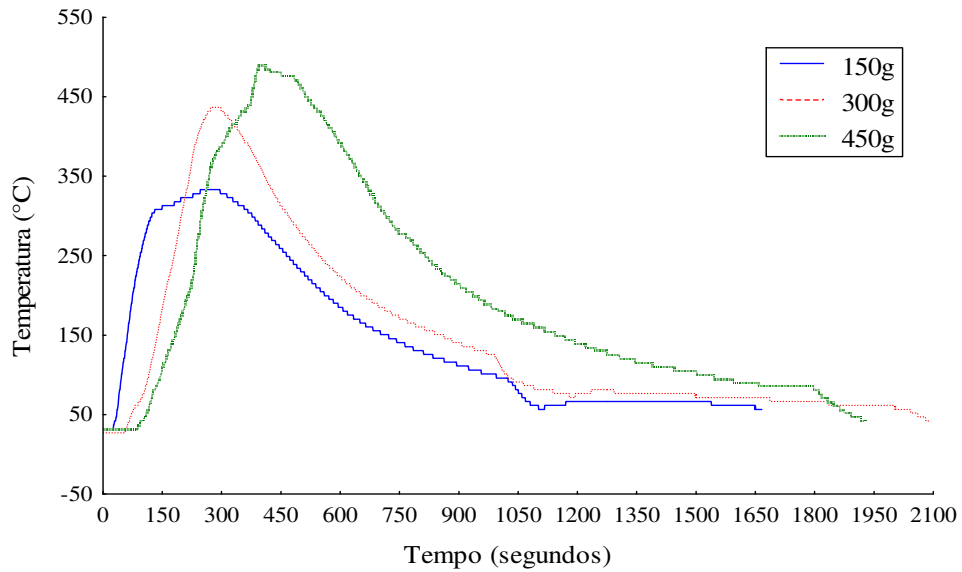


Figura 2. Temperatura (°C) e tempo de duração (segundos) dos eventos de queima das diferentes quantidades de material vegetal. As temperaturas foram obtidas na superfície do solo no segundo dia do experimento.

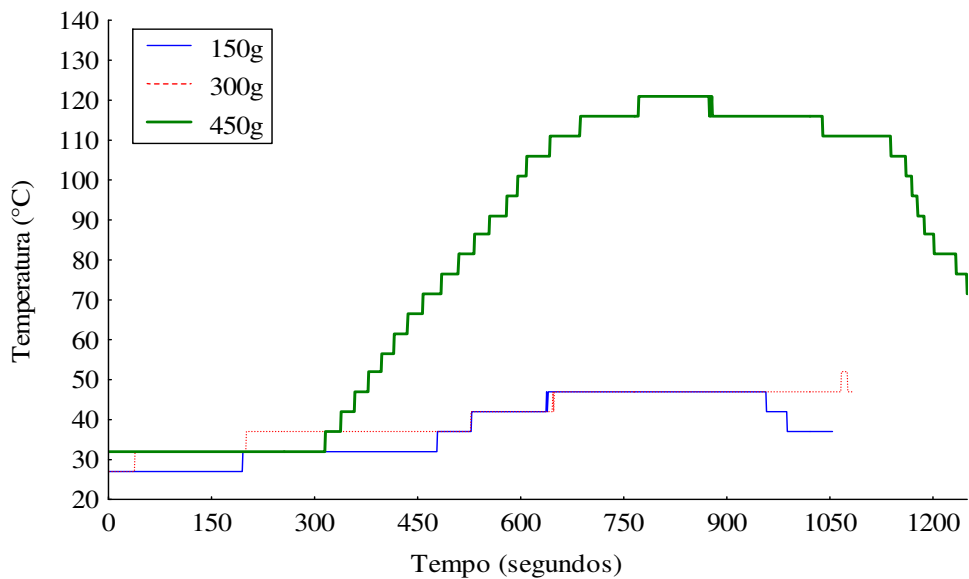


Figura 3. Temperatura (°C) e tempo de duração (segundos) dos eventos de queima das diferentes quantidades de material vegetal. As temperaturas foram obtidas 2cm abaixo da superfície do solo no primeiro dia do experimento.

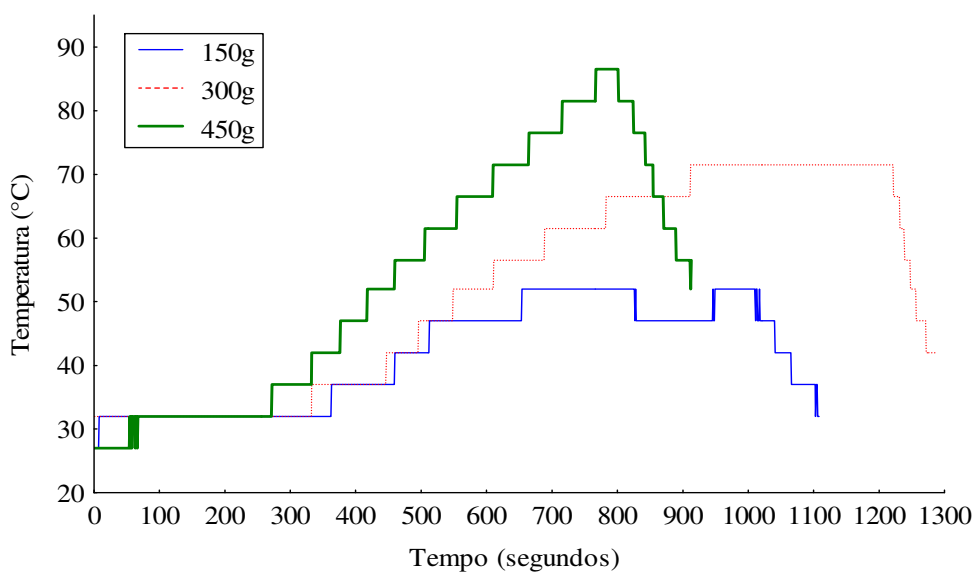


Figura 4. Temperatura (°C) e tempo de duração (segundos) dos eventos de queima das diferentes quantidades de material vegetal. As temperaturas foram obtidas 2cm abaixo da superfície do solo no segundo dia do experimento.

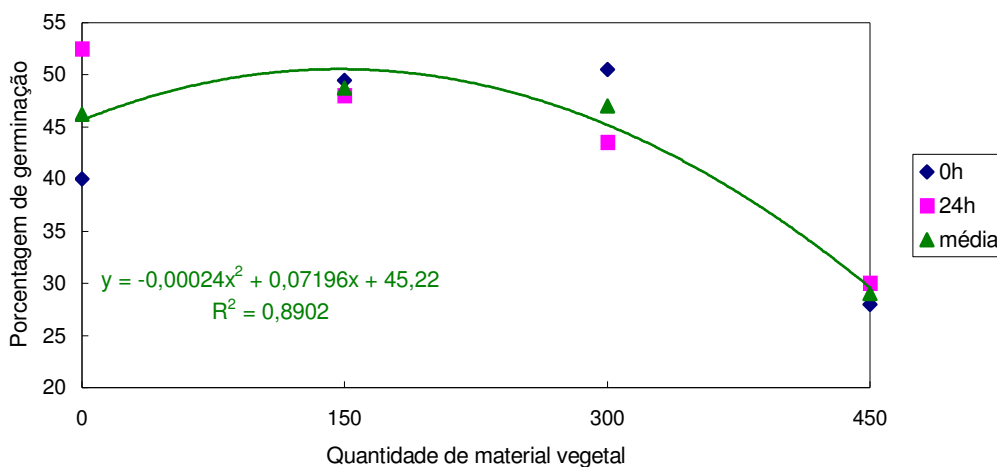


Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes de *M. bimucronata* após exposição ao fogo e à quantidades crescentes de material vegetal (0, 150, 300 e 450g), as 0 e 24 h após o umedecimento. Em ambos os momentos de avaliação, não houve interação significativa entre quantidade de material vegetal e horas até umedecimento, a 5% de probabilidade.

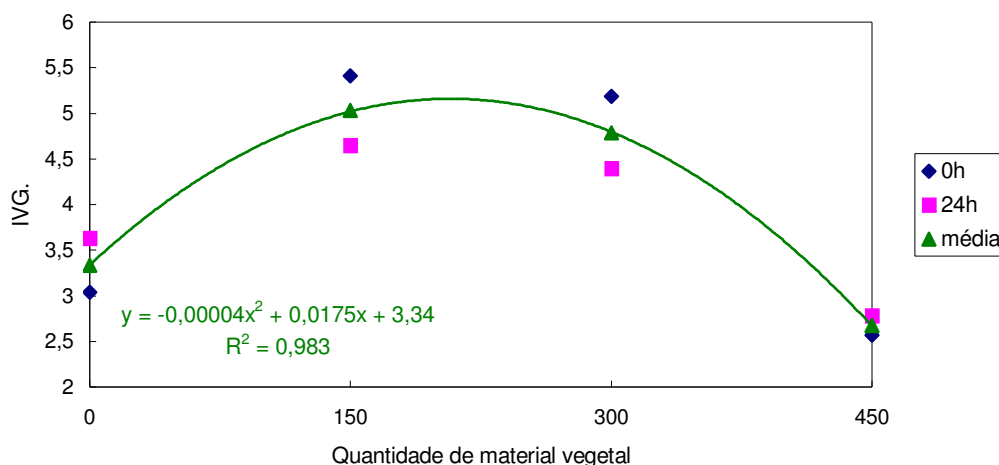


Figura 6. IVG de sementes de *M. bimucronata* após exposição ao fogo em quantidades crescentes de material vegetal (0, 150, 300 e 450g), as 0 e 24 h após o umedecimento. Em ambos os momentos de avaliação, não houve interação significativa entre quantidade de material vegetal e horas até umedecimento, a 5% de probabilidade.

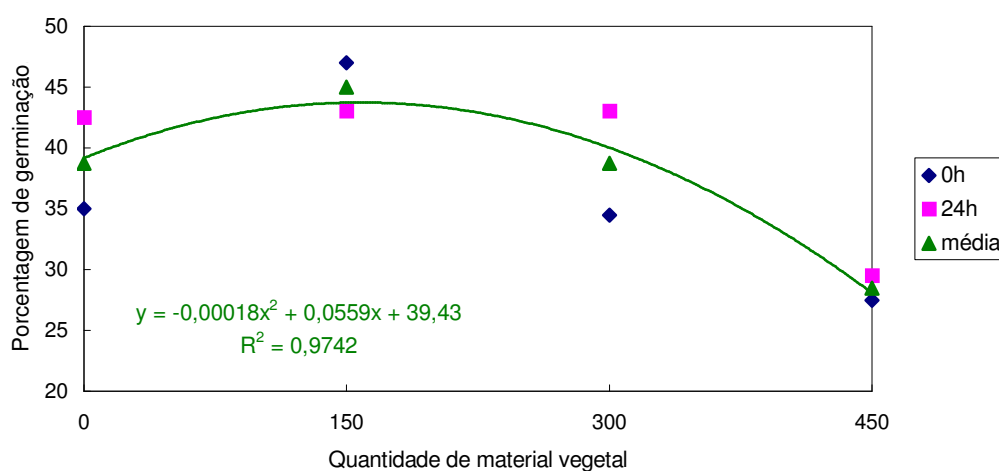


Figura 7. Porcentagem de germinação de sementes de *M. bimucronata* após aquecimento em estufa em temperaturas correspondentes às obtidas na queima de quantidades crescentes de material vegetal (0, 150, 300 e 450g), as 0 e 24 h após o umedecimento. Em ambos os momentos de avaliação, não houve interação significativa entre quantidade de material vegetal e horas até umedecimento, a 5% de probabilidade.

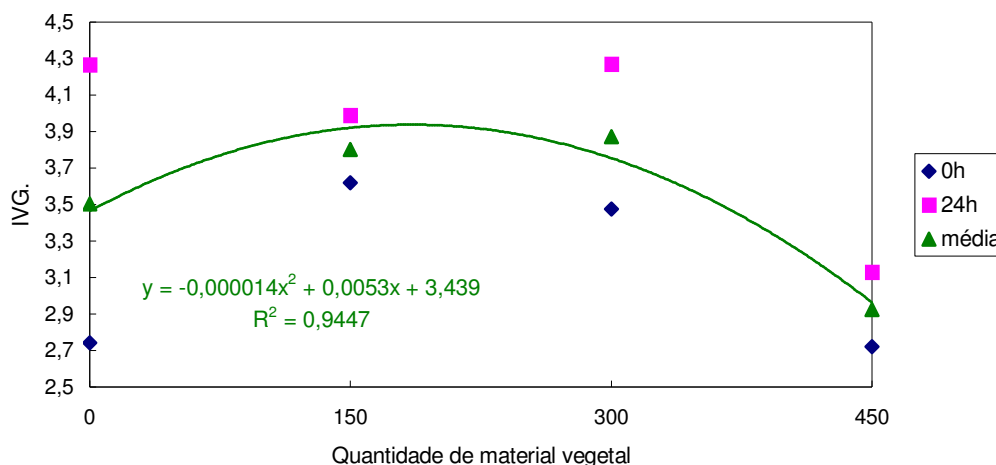


Figura 8. IVG de sementes de *M. bimucronata* após aquecimento em estufa em temperaturas correspondentes às obtidas na queima de quantidades crescentes de material vegetal (0, 150, 300 e 450g), as 0 e 24 h após o umedecimento. Em ambos os momentos de avaliação, não houve interação significativa entre quantidade de material vegetal e horas de umedecimento, a 5% de probabilidade.

#### 4. Discussão

O gráfico apresentado na figura 2, que corresponde ao segundo dia de experimento na simulação de queima no campo, mostra a diferença encontrada na máxima temperatura atingida na superfície do solo nos diferentes tratamentos; 0g, 150g, 300g e 450g de material vegetal, indicando que há uma positiva relação entre o aumento da quantidade de substrato e a máxima temperatura atingida pelo fogo. Este resultado está de acordo com o resultado encontrado por Vivar-Evans et al. (2006), os quais estudaram o papel do fogo e da heterogeneidade ambiental na germinação de uma espécie de Asteraceae, *Dahlia coccinea*. Em experimento semelhante, eles observaram que o aumento da quantidade de solo e material vegetal utilizado, a fim de simular uma situação de queimada, foi correspondente ao aumento da temperatura. Porém, no presente estudo, o gráfico apresentado na figura 1, que representa o primeiro dia de experimento, mostra uma relação inversa, em que o tratamento composto por 300g apresentou uma temperatura máxima de queima maior do que 450g. Esta variação pode estar relacionada à diferença na distribuição do material vegetal utilizado para a queima, pois durante a passagem do fogo as condições de

temperatura no solo não são uniformes. Gill et al. (2002) argumentam que a duração da temperatura do fogo não é uniforme no espaço e no tempo, pois depende do tipo, da quantidade e da distribuição do material vegetal, bem como da profundidade do solo e da ação do vento.

Levando-se em conta a não uniformidade das condições de temperatura do solo, percebe-se que as temperaturas máximas atingidas 2cm abaixo da superfície do solo, foram inferiores daquelas obtidas na superfície (Figs. 3 e 4), em que a máxima temperatura atingida estava entre 120 e 130°C para o primeiro dia e entre 80 e 90°C para o segundo dia de experimento. E, além disso, ao comparar os dias nota-se que o resultado apresentado no segundo dia foi o que mais se aproximou ao resultado obtido por Vivar-Evans et. al. (2006) em que as maiores temperaturas foram atingidas nas maiores quantidades de biomassa para a queima.

Estudos têm mostrado que a influência das elevadas temperaturas no processo germinativo está relacionada ao tempo de exposição a que as sementes são submetidas, e também as profundidades em que se encontram no solo (Almeida, 2005; Vivar-Evans et. al., 2006; Gleadowa & Narayana, 2007). Em uma situação de queimada, a ação do fogo leva de 5 a 15 min atingindo temperaturas entre 44 e 150°C a 2,5 cm abaixo do solo (Herrero et al., 2007). Sendo assim, as sementes de *M. bimucronata* foram submetidas à ação do fogo por um tempo médio de 15 minutos e dispostas em duas posições diferentes no solo, a fim de saber se as diferentes localidades no solo interferem na viabilidade da semente para germinar. Pickup et al. (2003) observaram que as sementes podem estar em diferentes profundidades no solo, e esta variabilidade pode influenciar as condições que elas experimentam em uma situação de distúrbio, como a ação do fogo. Os autores observaram que a posição das sementes estudadas variou em relação à profundidade do solo, desde 0-2cm até 8-10cm, e seus resultados mostraram que as sementes viáveis estavam nas profundidades a pouco cm da superfície do solo e poucas sementes viáveis foram encontradas em profundidades superiores a 10cm.

Considerando-se os trabalhos citados acima, é possível compreender que as sementes de *M. bimucronata* presentes na superfície do solo apresentaram 100% de mortalidade por estarem sujeitas a altíssimas temperaturas (temperatura máxima atingida foi em torno de 550°C), por um longo período de tempo (tempo de exposição igual ou

superior a 15 minutos) (Fig. 1). Sendo assim, essas sementes que ficaram sobre o solo, quando expostas ao fogo, tornaram-se totalmente inviáveis à germinação, pois para todos os tratamentos em ambos os dias as temperaturas atingiram valores acima de 150°C (Figs. 1 e 2). Gleadowa & Narayana (2007) constataram que quando as sementes de *Pittosporum undulatum* foram submetidas a temperatura de 94°C por 1 minuto, não houve redução na germinação; porém, após 5 minutos de exposição à mesma temperatura, a germinação foi reduzida a metade da anterior e, quando expostas por 10 minutos, não houve germinação. Em outro estudo, Herrero et al. (2007) avaliaram o efeito do fogo na germinação. Foram feitas combinações de sete temperaturas diferentes, variando de 70°C a 190°C, com tempos de exposição de 1 e 5 minutos. Para uma das espécies estudadas (*Pinus pinaster*) as sementes apresentaram respostas positivas à germinação quando submetidas a choque térmico de curta duração (1 minuto). Entretanto, nas simulações de eventos de longa duração do fogo, os resultados foram letais às sementes nas temperaturas iguais ou superiores à 130°C.

Sendo assim, no presente estudo, as sementes de *M. bimucronata* foram dispostas sobre o solo e a 2cm de profundidade para investigar a possibilidade de germinação após exposição ao fogo para estes dois locais. Apenas as sementes que estavam 2cm abaixo da superfície do solo germinaram, e este fato está associado às temperaturas atingidas neste local, que não foram superiores a 130°C (Figs. 3 e 4), não inviabilizando a germinação.

Os resultados obtidos em relação à porcentagem de germinação para os testes realizados no campo e também para os testes em estufa, mostraram que há uma tendência de queda da porcentagem da germinação com o aumento da temperatura devido à queima de maior quantidade de material vegetal, ou seja, nos tratamentos correspondentes à queima de 450g de biomassa, nos quais a queima atingiu temperaturas elevadas (em torno de 80 e 120°C), a porcentagem de germinação foi menor do que nos tratamentos de 150 e 300g, nos quais a queima não atingiu temperaturas muito elevadas (em torno de 50 e 70°C). Na quantidade de 450g, a porcentagem de germinação também foi menor do que o tratamento controle, que permaneceu a temperatura ambiente. Isto corrobora com os resultados obtidos por Vivar-Evans et al. (2006) que obtiveram respostas semelhantes, em que as menores porcentagens de germinação estavam relacionadas às maiores temperaturas obtidas pela queima de maiores quantidades de material vegetal.



Os resultados obtidos para o IVG nos testes em campo e em estufa, mostraram que há uma tendência de aumento do IVG para as sementes expostas às temperaturas moderadas obtidas pela queima de 150g e 300g de material vegetal, com diminuição para as sementes expostas às temperaturas da queima de 450g. Segundo alguns autores (Nassif, 1998; Grande, 2001; Floriano, 2004), a temperatura ótima de germinação de espécies tropicais encontra-se entre 15°C e 30°C, a máxima entre 35°C e 40°C e a mínima pode chegar a 0°C. Nassif et al. (1998) apontam que a velocidade de germinação e a uniformidade de emergência diminuem com temperaturas abaixo da ótima, e temperaturas acima da ótima podem aumentar a velocidade de germinação. Embora geralmente são as sementes mais vigorosas que conseguem germinar, isto mostra que a exposição das sementes de *M. bimucronata* a temperaturas moderadas pode ter levado a uma maior velocidade de germinação, de acordo com as temperaturas obtidas nos tratamentos 150 e 300g.

No presente estudo observou-se que para os testes feitos em estufa, o IVG das sementes que foram umedecidas logo após o aquecimento foi menor do que o IVG das sementes que foram umedecidas 24 horas após o aquecimento. Alguns estudos mostram que as sementes de *M. bimucronata* apresentam dormência do tipo exógena, que se caracteriza pela impermeabilidade total ou parcial do tegumento (semipermeável) à água ou gases (Grande, 2001; Kestring, 2007). Após uma situação ambiental desfavorável a germinação, a maioria das sementes não germina imediatamente quando as condições ambientais tornam-se favoráveis (Kramer & Kozlowski, 1972). Sendo assim, uma possível explicação seria que o tempo de espera de 24 horas para submeter às sementes a germinação foi suficiente para as mesmas re-estabelecerem suas condições internas para o processo de germinação, levando a um maior IVG. Porém, as sementes submetidas ao processo de germinação logo após exposição às altas temperaturas, ainda não estavam em condições para iniciar a germinação e, de acordo com Carneiro & Braccini (1996), a elevação da temperatura aumenta a energia da água, provocando uma elevação da sua pressão de difusão, obtendo-se uma relação direta entre a velocidade de embebição das sementes e a temperatura. Mas apesar do processo de embebição ocorrer mais rapidamente sob temperaturas elevadas, a quantidade final de água absorvida é praticamente a mesma, independente da temperatura, pois o processo é físico (Nobrega & Rodrigues, 1995). No

caso das sementes situadas abaixo do solo nos testes em campo tal diferença no IVG não foi constatada. Neste caso, é possível que as sementes, apesar de terem sido expostas às mesmas temperaturas dos tratamentos em estufa, não sofreram alteração no processo de embebição em função de um isolamento fornecido pelo solo. No entanto, os motivos que levaram às diferenças de IVG entre as horas de umedecimento ainda não estão claros, e estudos futuros com o objetivo de investigar este processo são encorajados.

## 5. Conclusões

1. Durante o processo de queima do material vegetal, as temperaturas na superfície do solo foram muito elevadas a ponto de serem letais para as sementes de *M. bimucronata*.
2. As sementes dispostas a 2cm da superfície atingiram altas temperaturas, porém menores do que na superfície, o que não inviabilizou as sementes para a germinação.
3. A maior quantidade de material vegetal (450g) resultou em menor porcentagem de germinação, mostrando que o aumento na temperatura pode afetar negativamente o processo germinativo das sementes de *M. bimucronata*.
4. A exposição das sementes a temperaturas moderadas pode ter levado as sementes de *M. bimucronata* a uma maior velocidade de germinação, de acordo com as temperaturas obtidas nos tratamentos 150g e 300g.
5. Para os testes em estufa, o IVG das sementes umedecidas logo após o aquecimento foi menor do que o IVG das sementes umedecidas 24 horas após; porém os motivos que levaram às diferenças de IVG entre as horas de umedecimento ainda precisam ser melhor esclarecidos.

## 6. Referências Bibliográficas

- Almeida FAC, Rodrigues JP, Almeida SA, Gouveia JPG, Santos NL (2005) Efeito da Temperatura Sobre a Germinação de Três Espécies de *Pinus* Cultivadas no Brasil. R. Árvore 5 :757-76.
- Auld TD, Denham AJ (2006) How much seed remains in the soil after a fire? Plant Ecology 187: 15 -24.
- Banda T, Schwartz MW, Caro T (2006) Effects of fire on germination of *Pterocarpus angolensis*. Forest Ecology and Management 233: 116–120.
- Baskin CC, Baskin JM (2001) Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination, 2<sup>a</sup> ed, Academic Press, San Diego.
- Bell DT, Plumme JA, Taylor SK (1993) Seed germination ecology in southwestern Western Australia. Botanical Review 59: 12-73.
- Brasil (1992) Regras para análise de sementes, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, SNDA/DNDV/CLAV, Brasília.
- Brits GJ, Calitz FJ, Brown NAC, Manning JC (1993) Desiccation as the Active Principle in Heat-Stimulated Seed Germination of *Leucospermum* R. Br. (Proteaceae) in fynbos. New Phytologist. 125: 397-403.
- Carneiro JWP, Braccini AL (1996) Relações hídricas durante a germinação de sementes. Informativo Abrates 6: 68-76.
- Floriano EP (2004) Germinação e dormência de sementes florestais, 1<sup>a</sup> ed. Associação de Pesquisa, Educação e Proteção Ambiental do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, RS.
- Fosket, DE (1994) Plant Growth and development. A Molecular Approach. Academic Press 8: 446-449.
- Fowler JAP, Bianchetti A (2000). Dormência em sementes florestais. Colombo: EMBRAPA-Florestas, doc. 40.
- Gill AM, Bradstock RA, Williams JE (2002). Fires regimes and biodiversity: legacy and vision. In: Bradstock R, Williams JE, Gill AM (eds), Flammable Australia: Fire Regimes and Biodiversity of a Continent. Cambridge University Press, Cambridge, pp 429–446.

- Gleadowa RM, Narayana I (2007) Temperature thresholds for germination and survival of *Pittosporum undulatum*: implications for management by fire. *Acta oecologica* 31: 151-157
- Grande FAF (2001) Aspectos Fisiológicos da Germinação das sementes de *Mimosa bimucronata* (D.C.) O.K. (Mimosaceae). Tese de doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) – instituto de Biociências, Campus de Rio Claro, Rio caro, SP.
- Herranz JMH, Ferrandis P & Martinez-Sánchez JJ (1998) Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. *Plant Ecology* 136: 95–103.
- Herrero C, San Martin R, Bravo F (2007) Short communication Effect of heat and ash treatments on germination of *Pinus pinaster* and *Cistus laurifolius*. *Journal of Arid Environments* 70:540–548.
- Keely JE & Fotheringham CJ (2000) Role of fire in regeneration from seed. In: Fenner M (ed) *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Oxon, U.K, pp311-330.
- Kestring, D (2007) Comportamento Germinativo e Predação de Sementes em *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Fabaceae:Mimosoideae): Dinâmica de Germinação, Hipoxia e Qualidade Nutricional. Dissertação de mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) - Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, Botucatu, SP.
- Kramer PJ e Kozlowski T (1972) *Fisiologia das árvores*. Fundação. Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Lorenzi H (2000). *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, e tóxicas*, 3<sup>a</sup> ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP.
- Nassif MLS, Vieira GI, Fernandes GD (2004) Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes. Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, informativo Sementes IPEF, Disponível em: <[Http://www.ipef.br/sementes](http://www.ipef.br/sementes).
- Nobrega LHP, Rodrigues TJP (1995) Efeitos do estresse hídrico sobre a absorção de água durante a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas se soja. *Informativo Abrates* 5: 51-58.
- Pausas JG (2004) Changes in fire and climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin). *Climatic Change* 63: 337–350.

- Pickup M, Mcdougall KL, Whelan, RJ, (2003). Fire and flood: Soil-stored seed bank and germination ecology in the endangered Carrington Falls *Grevillea* (*Grevillea rivularis*, Proteaceae). *Austral Ecology* 28: 128–136.
- SAS (2001) SAS/STAT Software, version 8.2. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Tomaz CA, Kestring D & Rossi MN (2007). Effects of the seed predator *Acanthoscelides schrankiae* on viability of its host plant *Mimosa bimucronata*. *Biological Research* (in press).
- Vieira IG & Fernades GD (1997) Métodos de Quebra de Dormência de Sementes. Piracicaba: IPEF-LCF/ESALQ/USP, informativo Sementes IPEF, Disponível em: <Http://www.ipef.br/sementes>
- Vivar-Evans S, Barradas VL, Sánchez-Coronado ME, Buen AG, Orozco-Segovia A (2006) Ecophysiology of seed germination of wild *Dahlia coccinea* (Asteraceae) in a spatially heterogeneous fire-prone habitat. *Acta Oecologica* 29: 187-195.
- Zar, J. H. (1999) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

## *Considerações Finais*

## Considerações finais

As sementes de *M. bimucronata* provenientes de frutos não infestados tiveram um melhor desempenho germinativo e melhor IVG do que as sementes de frutos infestados, e isto sugere que a predação das sementes de *M. bimucronata* por *A. schrankiae* além de gerar um efeito direto, por inviabilizar a germinação, tem também um efeito indireto, já que as sementes sadias, provenientes de frutos infestados, apresentaram pior desempenho germinativo. Este resultado permitiu observar que houve uma variação local por ocorrer apenas na população localizada em Rubião.

Por ser de grande importância para a formação e desenvolvimento das sementes, os níveis de nitrogênio foram medidos nas sementes sadias provenientes de frutos infestados e não infestados, em ambas as populações, para avaliar a qualidade dos frutos das plantas estudadas. Para a população de plantas do Lageado, foram encontrados os maiores níveis de nitrogênio e taninos, havendo uma relação direta entre estes compostos. Mesmos sendo os taninos indigestos, também foi nesta população que os indivíduos de *A. schrankiae* apresentaram os maiores pesos corporais, e isto pode ter ocorrido devido a um efeito compensatório em que a maior quantidade de nitrogênio compensou os maiores conteúdos de taninos, não afetando muito o desenvolvimento destes insetos.

O tipo de solo das duas áreas estudadas pode estar relacionado com as diferenças da qualidade das plantas entre as duas populações. O solo do Lageado, classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico com textura bem argilosa, é considerado um solo fértil com maior disponibilidade de nutrientes para as plantas do que o solo em Rubião, o qual é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo com textura arenosa. Desta forma, é possível que o tipo de solo tenha sido um fator que contribuiu para uma melhor qualidade da população de *M. bimucronata* localizada no Lageado em comparação com a população localizada em Rubião.

Em relação à germinação de sementes sob elevadas temperaturas constatou-se que temperaturas muito elevadas foram letais para as sementes de *M. bimucronata*, pois as sementes que ficaram sobre o solo, quando expostas ao fogo, tornaram-se totalmente inviáveis à germinação.

Os experimentos conduzidos no campo e na estufa permitiram compreender que há uma tendência de queda da porcentagem da germinação com o aumento da temperatura

devido à queima de maior quantidade de material vegetal (450g). Também constatou-se que o IVG tendeu a um aumento para as sementes expostas às temperaturas moderadas obtidas da queima de 150g e 300g de material vegetal, com diminuição para as sementes expostas as temperaturas da queima de 450g. Sendo assim, a exposição das sementes de *M. bimucronata* a temperaturas moderadas, como aquelas obtidas na queima de 150 e 300g de biomassa, foi favorável ao processo de germinação.

O tempo de espera de 24 horas para submeter às sementes a germinação pode ter sido favorável para que as sementes, depois da exposição ao aquecimento, re-estabelecessem suas condições internas para germinar, o que caracterizou uma diferença do IVG entre as horas de umedecimento das sementes, no caso dos experimentos conduzidos em estufa. Sendo assim, as sementes que foram umedecidas logo após o aquecimento tiveram menor IVG do que as sementes umedecidas 24 horas após o aquecimento.