

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

**Efeito da quantidade do recurso na determinação
do tamanho corporal, da biomassa, da
abundância e da diversidade de bruquídeos e
seus parasitóides**

Michele Ramos dos Santos

Botucatu

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

**Efeito da quantidade do recurso na determinação
do tamanho corporal, da biomassa, da
abundância e da diversidade de bruquídeos e
seus parasitóides**

Michele Ramos dos Santos

Prof. Dr. Marcelo Nogueira Rossi - Orientador

MSc. Ligia Maria da Silva Rodrigues – Co-orientadora

Monografia apresentada ao Instituto de
Biotecnologia, Campus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Botucatu

2011

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

Santos, Michele Ramos dos.

Efeito da quantidade do recurso na determinação do tamanho corporal, da biomassa, da abundância e da diversidade de bruquídeos e seus parasitóides / Michele Ramos dos Santos. - Botucatu, 2011

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2011

Orientador: Marcelo Nogueira Rossi

Co-orientadora: Lígia Maria da Silva Rodrigues

Capes: 20503008

1. Ecologia. 2. Relação inseto-planta. 3. Parasitóides.

Palavras-chave: Bruchidae; Estrutura trófica; Interação inseto-planta; Parasitóides; Predação de sementes.

DEDICATÓRIA

Dedico a minha sempre maravilhosa e doce Mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos companheiros de laboratório, sobretudo aos meus orientadores, que me apoiaram e colaboraram. Sou muito grata pelos momentos de aprendizagem e amizade.

A todas as pessoas próximas de mim. Com certeza, me ajudaram em alguma ocasião.

À FAPESP, pelo apoio financeiro na execução do presente trabalho.

RESUMO

No presente estudo investigou-se, em escala de planta e populacional, a relação entre a quantidade do recurso e o tamanho corporal, a diversidade de espécies e a abundância e biomassa de bruquídeos e seus parasitóides. Possíveis efeitos da qualidade do recurso (qualidade do solo e concentração de taninos nas sementes) nas variáveis de resposta citadas acima também foram analisados. Frutos de *Mimosa bimucronata* foram coletados em duas áreas durante o período de ocorrência de bruquídeos, durante os anos de 2009 e 2010. Somente a espécie de bruquídeo *Acanthoscelides schrankiae* foi encontrada infestando os frutos de *M. bimucronata*. Os parasitóides pertencem às famílias Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae e Pteromalidae. A maioria das análises em nível local não mostrou resultados significativos para ambos os anos de coleta e áreas de estudo. Houve apenas resultado significativo para a relação entre a biomassa de parasitóides e a concentração de taninos considerando o ano de 2009 (tendência negativa). O solo da área Lageado apresentou maiores teores de silte e argila. Com relação a análise química, o PH, a capacidade de troca catiônica, e as concentrações de matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio, foram todos significativamente maiores no solo do Lageado. Portanto, constatou-se que as plantas do Lageado estão crescendo em solos mais férteis. No entanto, constatou-se que a quantidade de frutos e sementes foi significativamente maior em Rubião. Comparações da abundância de bruquídeos e parasitóides e da diversidade de parasitóides entre as áreas demonstraram que os maiores valores foram observados em Rubião. No presente estudo constatou-se que a abundância de bruquídeos e parasitóides, bem como a diversidade de parasitóides, foram maiores na área que apresentou maiores quantidades de frutos e sementes, sugerindo uma relação significativa entre a quantidade de recursos e a abundância e diversidade. No entanto, é possível que a qualidade do recurso também

tenha influenciado a abundância e a diversidade dos insetos, já que as plantas do Lageado podem ser de qualidade inferior, pois apresentaram menores quantidades de frutos e sementes e maior concentração de taninos. Por fim, como justamente no Lageado, área com solos mais ricos, a quantidade de recurso foi menor, sugere-se que outros fatores, como eficiência de polinização, podem interferir na quantidade de recursos produzidos.

Palavras-chave: Bruchidae, parasitóides, predação de sementes, estrutura trófica, interação inseto-planta.

ABSTRACT

In the present study it was investigated, in plant and population scale, the relationship between the amount of resource and body size, species diversity and abundance and biomass of bruchids and their parasitoids. Possible effects of resource quality (soil quality and concentration of tannins in seeds) in response to the variables mentioned above were also analyzed. *Mimosa bimucronata* fruits were collected in two areas during the occurrence of bruchids during the years 2009 and 2010. Only the species of bruchid *Acanthoscelides schrankiae* was found infesting the fruits of *M. bimucronata*. The parasitoids belong to families Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae and Pteromalidae. Most local-level analysis showed no significant results for both years of collection and study areas. There was only significant result for the relationship between the biomass of parasitoids and the concentration of tannins considering the year 2009 (negative trend). The soil from Lageado showed higher percentages of silt and clay. With respect to chemical analysis, pH, cation exchange capacity, and concentrations of organic matter, potassium, calcium and magnesium were all significantly higher in soil from Lageado. Therefore, it was found that the plants from Lageado are growing in more fertile soils. However, it was found that the amount of fruits and seeds was significantly higher in Rubiãõ. Comparisons of the abundance of bruchids and parasitoids diversity among the areas that showed the highest values were observed in Rubiãõ. In this study it was found that the abundance of bruchids and parasitoids, as well as the diversity of parasitoids was greatest in the area that had higher amounts of fruits and seeds, suggesting a significant relationship between the amount of resources and the abundance and diversity. However, it is possible that the quality of the resource has also influenced the abundance and diversity of insects, since the plants from Lageado can be of lower quality because they had lower

amounts of fruits and seeds and a greater concentration of tannins. Finally, just as in Lageado area with richer soils, the amount of resource was lower, suggesting that other factors such as efficiency of pollination may interfere with the amount of resources produced.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | |
| 1.1. <i>Efeitos tipo bottom-up e top-down em interações populacionais.....</i> | 11 |
| 1.2. <i>Características gerais da família Bruchidae e sistema de estudo.....</i> | 12 |
| Objetivos gerais e hipóteses..... | 15 |
| 2. Materiais e métodos | |
| 2.1. <i>Áreas de estudo.....</i> | 16 |
| 2.2. <i>Estimativas das variáveis de estudo.....</i> | 16 |
| 2.3. <i>Análise de dados.....</i> | 21 |
| 3. Resultados e discussão..... | 23 |
| 4. Referências bibliográficas..... | 38 |

1. Introdução

1.1 Efeitos tipo bottom-up e top-down em interações populacionais

Uma das questões que tem sido constantemente debatida dentro de um contexto de ecologia de interações populacionais é a importância relativa dos recursos (forças tipo bottom-up) e dos inimigos naturais (forças tipo top-down) na determinação da abundância dos insetos herbívoros (Hunter & Price, 1992; Walker & Jones, 2001; Singer & Stireman, 2005; Walker *et al.*, 2008). Tem se chegado a um consenso de que tanto os recursos como os inimigos naturais são forças importantes, que podem promover mudanças significativas nas densidades populacionais (Denno *et al.*, 2002; Walker *et al.*, 2008). Por exemplo, alguns estudos têm demonstrado impacto expressivo dos inimigos naturais nas populações de herbívoros (Roininem *et al.*, 1996; Turchin *et al.*, 1999; Hassell, 2000), enquanto outros, mostram que tanto a qualidade como a quantidade da planta hospedeira (recurso) são fatores importantes que podem também afetar o desempenho e a abundância dos insetos herbívoros (Watt, 1987; Price, 1991; Preszler & Price, 1995; Cornelissen *et al.*, 2008; Walker *et al.*, 2008). Apesar destas constatações, ainda pouco se sabe sobre quais fatores aumentam ou diminuem os efeitos tipo bottom-up e top-down, e qual destes efeitos são mais importantes para determinados sistemas.

Além dos insetos herbívoros, sabe-se que o terceiro nível trófico (parasitóides e predadores) também pode ser afetado pela qualidade e quantidade do recurso (Moon *et al.*, 2000; Lill *et al.*, 2002; Moon & Stiling, 2002; Teder & Tammaru, 2002; Hunter, 2003; Kagata *et al.*, 2005), o que pode interferir na estrutura das cadeias tróficas

(Raffaelli & Hall, 1996). De fato, alguns estudos têm demonstrado que as plantas podem influenciar o desempenho dos parasitóides diretamente ou indiretamente através do desenvolvimento dos herbívoros (Lill, *et al.*, 2002; Moon & Stiling, 2002; Zvereva & Rank, 2003). Portanto, estudos que procuram determinar a importância relativa da qualidade e da quantidade do recurso em sistemas tróficos específicos são fundamentais, os quais podem esclarecer qual variável influencia de forma mais expressiva a dinâmica do sistema.

1.2 Características gerais da família Bruchidae e sistema de estudo

Entre os principais predadores de sementes encontram-se os insetos, principalmente aqueles pertencentes às 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, principalmente de leguminosas (Janzen, 1975; Southgate, 1979; Gullan & Cranston, 2000).

A família Bruchidae é um grupo monofilético adaptado exclusivamente no consumo de sementes. Os adultos dos bruquídeos se alimentam de pólen, néctar, ou não se alimentam, tendo apenas uma função reprodutiva (Romero-Napoles, 2002). Esta família consiste de cerca de 1.700 espécies descritas e de 66 gêneros agrupados nas subfamílias Amblycerinae, Bruchinae, Eubaptinae, Kytorhininae, Pachymerinae e Rhaebinae (Southgate 1979; Borowiec, 1987; Johnson, 1994; Johnson *et al.*, 2003). Dos 66 gêneros, 42 são encontrados na América do Sul, do Norte, Central e Índias Ocidentais (Romero-Napoles, 2002) e cerca de 80% das espécies está na subfamília Bruchinae (Johnson & Romero, 2004). Os estágios imaturos de todas as espécies se

alimentam de sementes de cerca de 35 famílias de plantas, especialmente Fabaceae (Johnson, 1989; Johnson *et al.*, 2003). Uma característica importante dos besouros da família Bruchidae é a grande especificidade com relação à planta(s) hospedeira(s) (Center & Johnson, 1974), característica esta de suma importância para o entendimento do impacto dos herbívoros na determinação da riqueza e distribuição das espécies de plantas (Janzen, 1980). *Acanthoscelides* é o gênero de bruquídeo mais representativo na região Neotropical com aproximadamente 300 espécies descritas (Johnson, 1981). A maioria das espécies descritas apresenta oligofagia ou monofagia e cerca de 100 espécies se desenvolvem em Faboideae, 35 espécies em Mimosoideae, e 6 espécies em Caesalpinioideae.

O gênero *Mimosa* possui cerca de 480 espécies distribuídas no continente Americano, mais pontualmente nas regiões Centro e Sul. *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Fabaceae: Mimosoideae), conhecida vulgarmente como Maricá, é planta perene, arbórea, altamente ramificada e espinhosa, medindo de 4 a 8 metros de altura, endêmica do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, 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, e em áreas de Mata Atlântica. 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 de *M. bimucronata* reside 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 (Burkart, 1979; Reitz *et al.*, 1983;

Marchiori, 1993). Faz-se referência também à sua utilização como planta medicinal, sendo a infusão dos brotos eficaz no combate à asma pura, à bronquite asmática e às febres intermitentes (Burkart, 1979).

Estudos preliminares constataram a presença de duas espécies de bruquídeos sobre a planta hospedeira *M. bimucronata*, *Acanthoscelides schrankiae* (Horn) 1873 (Silva *et al.*, 2007; Tomaz *et al.*, 2007) e outra espécie também do gênero *Acanthoscelides* ainda não identificada, esta última com abundância bem reduzida (Comunicação pessoal, Rossi, M. N.).

Estudos sobre ecologia de parasitóides em bruquídeos do gênero *Acanthoscelides* são escassos. Poucos estudos podem ser encontrados, limitando-se a investigações do efeito do parasitismo no controle destes bruquídeos (Schmale *et al.*, 2001, 2005), bem como a levantamentos de fauna (Ott, 1991; Tuda *et al.*, 2001; Hansson *et al.*, 2004) e aspectos comportamentais (Perez-Lachaud & Campan, 1994). Durante a fenofase de frutificação ocorre intensa predação das sementes de *M. bimucronata* (fase de pré-dispersão) por bruquídeos, os quais por sua vez sofrem altas taxas de mortalidade devido ao ataque de parasitóides (Silva *et al.*, 2007; Tomaz *et al.*, 2007; Rodrigues, 2008).

Estudos recentes conduzidos no Laboratório de Ecologia de Interações Tróficas (Depto. Botânica, Unesp/Botucatu), têm demonstrado que a qualidade do recurso (frutos de *M. bimucronata*), representada basicamente pelos conteúdos de compostos fenólicos (tóxico) e nitrogênio (nutriente), pode ser determinante para o desenvolvimento do bruquídeo *A. schrankiae*, afetando o tamanho corporal dos adultos e sua abundância (Rodrigues, 2008; Kestring *et al.*, 2009). No entanto, ainda não se sabe qual a relevância da quantidade do recurso para este sistema trófico. Menor quantidade de recurso geralmente representa menor biomassa disponível, o que pode afetar o tamanho

corporal, a diversidade, a abundância e, conseqüentemente, a biomassa dos níveis tróficos superiores.

Objetivo Geral e Hipóteses

Este estudo teve como objetivo geral investigar, em escala de planta e populacional, a relação entre a quantidade do recurso e o tamanho corporal, a diversidade de espécies e a abundância e biomassa de bruquídeos e seus parasitóides.

Hipóteses: *(i)* Relação entre biomassa do recurso, bruquídeos e parasitóides: espera-se que quanto maior a biomassa do recurso maior a biomassa dos níveis tróficos superiores; *(ii)* relação entre biomassa do recurso e abundância e diversidade de bruquídeos e parasitóides: a priori o resultado mais intuitivo sugere que quanto maior a biomassa do recurso, maior a abundância e diversidade dos níveis tróficos superiores; *(iii)* relação entre biomassa do recurso e tamanho corporal: neste caso, uma maior biomassa do recurso deve resultar em indivíduos mais bem desenvolvidos nos níveis tróficos superiores.

Além das hipóteses acima, também foi investigada a relação entre a concentração de taninos e o tamanho corporal, a diversidade de espécies e a abundância e biomassa de bruquídeos e seus parasitóides. Informações da concentração de taninos juntamente com dados da análise física e química dos solos, forneceram subsídios para discussões acerca dos efeitos na qualidade do recurso nos níveis tróficos superiores, e não apenas sobre a quantidade do recurso.

2. Materiais e métodos

2.1 Áreas de estudo

Os indivíduos de *M. bimucronata* que foram utilizados neste estudo estão localizados em duas áreas. Uma delas está localizada em área pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista, Campus Lageado (neste relatório chamada apenas de “Lageado”) – UNESP/Botucatu-SP (22° 50’ 52” S; 48° 25’ 46” W). Já a outra área está localizada nas proximidades da Universidade Estadual Paulista – UNESP/Botucatu-SP, Campus de Rubião Júnior (neste relatório chamada apenas de “Rubião”) (22° 53’ 07” S; 48° 29’ 23” W).

Nas 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 agregados, localizados associados à vegetação composta de plantas invasoras herbáceas, na maioria gramíneas, havendo principalmente *M. bimucronata* como elemento arbóreo. As áreas estão localizadas em locais planos com elevada umidade.

2.2 Estimativas das variáveis de estudo

Frutos de *M. bimucronata* foram coletados nas duas áreas durante o período de ocorrência de bruquídeos nos frutos, ou seja, de março a agosto de 2009 e de março a maio de 2010 (dados neste relatório). Foram marcadas ao acaso 10 plantas por área, totalizando 20 plantas no total, as quais estão distribuídas de forma agregada. As plantas foram diferentes para cada ano de coleta, pois algumas plantas morreram ou não apresentaram frutos em 2010. Cada planta foi devidamente identificada, permitindo o

conhecimento da origem de todo o material biológico coletado. Para cada planta, 50 frutos foram coletados em cada mês, logo, seis coletas por área foram realizadas ao longo de 2009 e três coletas no ano de 2010. Na verdade, também foram realizadas coletas até agosto de 2010, mas devido a demora na emergência de todos os insetos dos frutos das últimas coletas, no presente relatório só foram considerados os dados das três primeiras coletas deste ano. Para uma das plantas não foi possível coletar frutos na última coleta no Lageado no ano de 2009, pois não havia mais frutos disponíveis. Em Rubião, neste mesmo ano, também não foi possível coletar frutos de duas plantas em três coletas. Já em 2010, duas coletas não puderam ser realizadas em uma das plantas (coletas iniciais), pois os frutos surgiram mais tardiamente. Portanto, durante o ano de 2009 foram coletados 2950 frutos no Lageado e 2850 frutos em Rubião, totalizando 5800 frutos. Como três coletas foram consideradas para o ano de 2010, foram coletados 1500 frutos no Lageado e 1400 frutos em Rubião, totalizando 2900 frutos. No campo, os frutos coletados foram colocados em sacos de papel, identificando-se a planta, a área e a data de coleta. No mês de maio de 2010, quando a grande maioria dos frutos estava madura e antes do início da queda dos frutos, quatro ramos foram selecionados ao acaso em cada planta de cada área, registrando-se em seguida o número de frutos por ramo. O número de frutos e a biomassa das sementes foram estimativas complementares da quantidade do recurso.

No laboratório ($28 \pm 1^\circ\text{C}$; fotofase de 12h), os 50 frutos coletados por planta foram separados e colocados em recipientes plásticos transparentes com tampa plástica telada, permitindo a circulação de ar, identificando-se a planta de origem, a área e a data de coleta. Após a emergência dos bruquídeos e parasitóides dos frutos, estes foram retirados dos recipientes e separados por nível trófico. Em seguida, os procedimentos abaixo foram realizados:

1 – Para cada planta em cada área de coleta foi feita a estimativa do número de espécies amostradas (bruquídeos e parasitóides), registrando-se o número de indivíduos de cada espécie (abundância). De forma a padronizar a abundância de bruquídeos e parasitóides, o número de insetos emergentes foi dividido pelo número de frutos coletados por planta, uma vez que o número de frutos coletados em cada planta não foi exatamente igual (ver acima). Estas “abundâncias padronizadas” é que foram utilizadas nas análises. Em seguida, a proporção de indivíduos de cada espécie foi estimada (abundância relativa) para a estimativa da diversidade. O índice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949; Stiling, 1999) foi então calculado considerando cada planta.

2 – Executou-se a pesagem da matéria seca (biomassa) dos insetos pertencentes a cada nível trófico, ou seja, bruquídeos e parasitóides. Os insetos foram primeiramente secos em estufa de circulação de ar a 50°C por 48 horas, e após a secagem, os insetos foram pesados em balança analítica, obtendo-se o peso seco de cada nível trófico por planta. A estimativa de biomassa, tanto dos bruquídeos como dos parasitóides, foi determinada dividindo-se o peso seco total pelo número de insetos pesados em cada planta, obtendo-se o peso por indivíduo. Para a estimativa de biomassa dos parasitóides, foram usados para as análises indivíduos classificados como “espécie 2”, por apresentarem maior abundância e estar presentes em quase todas as coletas. Como os parasitóides são muito pequenos, os indivíduos das outras espécies serão futuramente pesados utilizando-se balança de alta precisão na tentativa de complementar as estimativas de biomassa.

Para a área Lageado, especificamente no ano de 2010, não foi possível determinar a biomassa dos insetos, pois a emergência foi muito baixa até a terceira coleta, não se adequando a precisão da balança.

3 – Estimativas dos tamanhos corporais dos insetos provenientes das coletas do ano de 2009 foram determinadas através de medições do comprimento do élitro e pronoto para os bruquídeos e comprimento do tórax dos parasitóides. Para tanto, foi utilizado estereomicroscópio (Nikon SMZ 800, equipado com câmera de vídeo digital), através do qual, fotografias foram geradas em aumento padrão. Em seguida, as medições foram feitas utilizando-se software para análise de imagens (MetaVue Version 6.3r4). Após as medições, um valor médio do tamanho corporal de cada espécie foi obtido para cada planta em cada área. Da mesma forma que para a estimativa da biomassa, para as análises só foram utilizados dados de tamanho corporal dos parasitóides classificados como “espécie 2”. Infelizmente, não foi possível determinar o tamanho corporal dos insetos durante o ano de 2010, uma vez que o software para análise de imagens apresentou defeito e parou de funcionar. A empresa onde foi feita a compra do produto atualmente não presta mais serviço de assistência técnica para este software; conseqüentemente, até o término deste relatório, o problema ainda não havia sido solucionado.

4 – Foi feita a estimativa da matéria seca (biomassa) das sementes provenientes de cada planta. Para a estimativa da biomassa do recurso, os frutos foram dissecados para separação de sementes infestadas e não infestadas. Todas as sementes não infestadas foram colocadas em sacos de papel, identificando-se a planta e a área de coleta. Em seguida, as sementes foram secas em estufa de circulação de ar a 105°C por 24 horas, e então pesadas em balança analítica. Como um número desigual de sementes por planta foi pesado, a biomassa por semente foi estimada em cada planta dividindo-se o peso total das sementes pelo número de sementes pesadas.

5 – Após estimativa da biomassa das sementes das coletas de 2009, as sementes foram trituradas para análise de taninos. Com o objetivo de conseguir quantidade

suficiente de biomassa por planta, utilizou-se sementes secas coletadas em abril e maio, meses de pico de emergência de insetos. Para cada planta, a determinação da concentração de taninos foi obtida de três réplicas retiradas do material seco. Portanto, para as análises estatísticas, uma média da concentração de taninos foi obtida para cada planta. A extração de taninos foi executada segundo a metodologia de Folin & Ciocalteau (1927), através de espectrofotometria, determinando-se a curva padrão de ácido tânico (Absorbância (nm) x Ácido tânico (mg/ml)). A leitura foi realizada a 725 nm em espectrofotômetro. As análises foram realizadas no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da UNESP de Botucatu, sob supervisão da Prof. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima.

Por fim, no ano de 2010, foi feita amostragem de solo para análise física e química. A metodologia de amostragem baseou-se na retirada de solo com trado mecânico de 5 pontos aleatórios sob a cobertura da copa de cada planta marcada no ano de 2009. As amostras eram então homogeneizadas e uma parte era recolhida em saco plástico, devidamente identificado pela planta e área de origem, totalizando 10 amostras de cada uma das áreas. As amostras foram encaminhadas para análise junto ao Departamento de Ciência do Solo, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP de Botucatu. Com relação a análise física, foi feita a granulometria dos solos das áreas, ou seja, as concentração de areia, silte e argila (g/Kg) foram determinados. Para as análises químicas, determinou-se o PH, a capacidade de troca catiônica (mmol_c), e as concentrações de matéria orgânica (g/dm^3), potássio, cálcio e magnésio (mmol_c) nos solos de ambas as áreas.

2.3 Análise de dados

Primeiramente, gráficos mostrando a abundância de bruquídeos e parasitóides, bem como a taxa de parasitismo, ao longo dos meses de coleta, foram elaborados para cada área e ano de coleta.

Para as análises em nível local, ou seja, considerando as plantas dentro de uma mesma população, as variáveis de resposta abundância, biomassa, diversidade de parasitóides e tamanho corporal foram transformadas em matrizes, o mesmo ocorrendo para as variáveis explanatórias biomassa das sementes, quantidade de frutos e concentração de taninos. Assim, uma matriz de abundância de bruquídeos consistiu de todas as diferenças de abundância entre todos os pares de plantas; já para a biomassa de sementes, por exemplo, uma matriz consistiu de todas as diferenças dos valores de biomassa entre todos os pares de plantas. Estas matrizes podem ser caracterizadas como matrizes de “distância ecológica”.

O teste de Mantel (Mantel, 1967) foi então aplicado para comparações pareadas; o coeficiente (estatística) de Mantel (r_M) foi estimado entre duas matrizes, considerando combinações de cada uma das variáveis de resposta com cada variável explanatória. Por exemplo: A) abundância de bruquídeos vs. biomassa de sementes; B) abundância de bruquídeos vs. quantidade de frutos; C) abundância de bruquídeos vs. concentração de taninos; D) abundância de parasitóides vs. biomassa de sementes, e assim sucessivamente. A estatística de Mantel estima a correlação linear (Pearson) entre os valores de distância de duas matrizes simétricas, e sua significância é obtida por permutações repetidas (procedimento de randomização) (Legendre & Fortin, 1989; Legendre & Legendre, 1998; Fortin & Dale, 2005). Como a precisão do valor de probabilidade está diretamente relacionada com o número de randomizações, utilizou-se

999 permutações mais a estatística observada. Portanto, o menor p -value mensurável é $1/(999 + 1)$ (Fortin *et al.*, 2002; Fortin & Dale, 2005). Devido às permutações, o teste de Mantel torna-se mais apropriado do que a aplicação da correlação linear padrão (Pearson), uma vez que o efeito da autocorrelação espacial dos dados é reduzido, caso exista.

Considerando o ano de 2009, foi possível executar as análises considerando todas as variáveis de resposta. No entanto, análises não foram feitas considerando a variável explanatória “quantidade de frutos”, já que esta foi determinada no ano de 2010. Para o ano de 2010, as variáveis de resposta “biomassa (bruquídeos e parasitóides)” e “tamanho corporal (bruquídeos e parasitóides)” não foram aplicadas nas análises considerando o Lageado, pois não foi possível estimá-las; já em Rubião, somente a variável “tamanho corporal (bruquídeos e parasitóides)” ficou ausente das análises (ver metodologia). Como os taninos foram determinados em sementes de frutos coletados durante o ano de 2009 a variável explanatória “concentração de taninos” não foi incluída para as análises considerando o ano de 2010, no entanto, houve a inclusão da variável explanatória “quantidade de frutos”.

Após as análises em nível populacional, comparações foram feitas entre as áreas de estudo. Portanto, os valores médios da biomassa de sementes, da quantidade de frutos e sementes, e da concentração de taninos foram comparados entre as áreas Rubião e Lageado, considerando os anos de 2009 e 2010. A abundância média de bruquídeos e parasitóides, bem como a diversidade média de parasitóides, também foram comparadas entre as áreas, considerando os dois anos de coleta. No caso dos valores médios da biomassa de bruquídeos, e do tamanho corporal de bruquídeos e parasitóides, comparações entre as áreas foram feitas somente para o ano de 2009. Todas as

comparações acima foram analisadas através do teste-*t* para amostras independentes (Zar, 1999), e cada planta correspondeu a uma réplica.

Para verificar se a biomassa diferia entre os níveis tróficos (sementes-bruquídeos-parasitóides), ocorrendo uma redução nos níveis tróficos superiores, comparações da biomassa entre sementes, bruquídeos e parasitóides foram feitas através da Análise de Variância (ANOVA) em cada área de estudo, considerando o ano de coleta de 2009. No caso do ano de 2010, esta comparação foi feita apenas para Rubião. Comparações pareadas dos valores médios foram feitas em seguida via teste Tukey (Zar, 1999).

Por fim, os valores médios dos teores de areia, argila e silte (granulometria), bem como os valores médios de PH, da capacidade de troca catiônica (CTC), e das concentrações de matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio, foram comparados entre as áreas através do teste-*t* para amostras independentes. Para estas análises, cada réplica correspondeu às amostras de solo retiradas sob cada planta.

3. Resultados e Discussão

Todos os bruquídeos emergentes foram identificados como pertencentes a uma única espécie, *Acanthoscelides schrankiae*. No caso dos parasitóides, primeiramente foi feita apenas uma separação geral em termos de família. Dentro de cada família, tentou-se determinar o número de espécies. Aparentemente, dez espécies foram observadas e utilizadas nas análises de dados. Mas os espécimes somente serão identificados de forma mais precisa após serem enviados aos especialistas. Até o término deste relatório aguardava-se ainda a emergência de todos os insetos. Somente após a emergência de todos os parasitóides, estes passarão por triagem e serão enviados aos especialistas.

Uma separação por família demonstrou que os parasitóides pertencem às famílias Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae e Pteromalidae.

Verificou-se que o pico de emergência de bruquídeos ocorreu no mês de abril em ambas as áreas e anos de coleta, o mesmo ocorrendo com a emergência dos parasitóides, com exceção da área Rubião no ano de 2010, pois houve uma queda na emergência destes insetos (Figs 1,2). Apesar de ter sido verificado no ano de 2009 um decréscimo no número de insetos emergentes após o mês de abril, a taxa de parasitismo aumentou (Fig. 3a), sugerindo que estes parasitóides são eficientes na localização do hospedeiro (bruquídeos) quando em baixas densidades. Esta mesma tendência foi observada por Rodrigues (2008), a qual constatou um padrão de parasitismo inversamente dependente da densidade espacial. Já no ano de 2010, esta tendência não foi observada para ambas as áreas (Fig. 3b).

Considerando a área Lageado, os resultados dos testes de Mantel não foram significativos para todas as comparações pareadas de matrizes, tanto para o ano de 2009 (Tabela 1) como para o ano de 2010 (Tabela 2). Já para a área Rubião, houve resultado significativo para a relação entre a biomassa de parasitóides e a concentração de taninos considerando o ano de 2009 (Tabela 3). Como os cálculos de diferença são feitos em módulo para a elaboração da matriz empregada no teste de Mantel, a significância não indica se existe uma tendência positiva ou negativa nesta relação. Portanto, foi feita uma correlação simples (Pearson) (Zar, 1999) entre a biomassa dos parasitóides e a concentração de taninos, verificando-se uma relação significativa e negativa ($r = -0,930$; $P = 0,002$). As demais análises para o ano de 2009 na área Rubião não foram significativas (Tabela 3). Kestring *et al.* (2009), estudando uma única população de *M. bimucronata*, verificaram uma relação próxima a significância, com tendência negativa, entre compostos fenólicos (taninos incluídos) e tamanho corporal de *A. schrankiae*. No

presente estudo esta relação não foi observada em ambas as populações. No entanto, é possível que os taninos estejam interferindo negativamente no desenvolvimento dos parasitóides em uma das áreas. Como apenas parasitóides da espécie 2 foram considerados para a determinação da biomassa, este resultado ainda terá que ser confirmado após uma identificação mais precisa pelos especialistas, pois é possível que alguns poucos indivíduos de espécies diferentes (mas mesmo gênero) tenham sido incluídos dentro do grupo de indivíduos da espécie 2. Para o ano de 2010, os resultados dos testes de Mantel não foram significativos para todas as comparações pareadas de matrizes considerando a área Rubião (Tabela 4).

Os resultados da granulometria dos solos mostraram que as concentrações de areia, argila e silte foram significativamente diferentes entre as áreas, sendo que os maiores teores de silte e argila foram encontrados nos solos do Lageado (Tabela 5). Com relação a análise química, o PH, a capacidade de troca catiônica, e as concentrações de matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio, foram todos significativamente diferentes entre as duas áreas (Tabela 6); para todas estas variáveis, os maiores valores foram observados nos solos do Lageado (Tabela 6). Portanto, verifica-se pelas análises de solo que as plantas do Lageado estão crescendo em solos mais férteis que as plantas de Rubião.

No entanto, apesar do solo ser mais fértil no Lageado, constatou-se que a quantidade de frutos e sementes foi significativamente maior em Rubião do que no Lageado, embora a biomassa de sementes não tenha diferido entre as áreas para ambos os anos de coleta (Tabela 7). Estas análises demonstraram que existe diferença significativa na quantidade de recurso entre as áreas. Comparações da abundância de bruquídeos e parasitóides e da diversidade de parasitóides entre as áreas demonstraram que os maiores valores médios foram observados em Rubião, embora diferenças

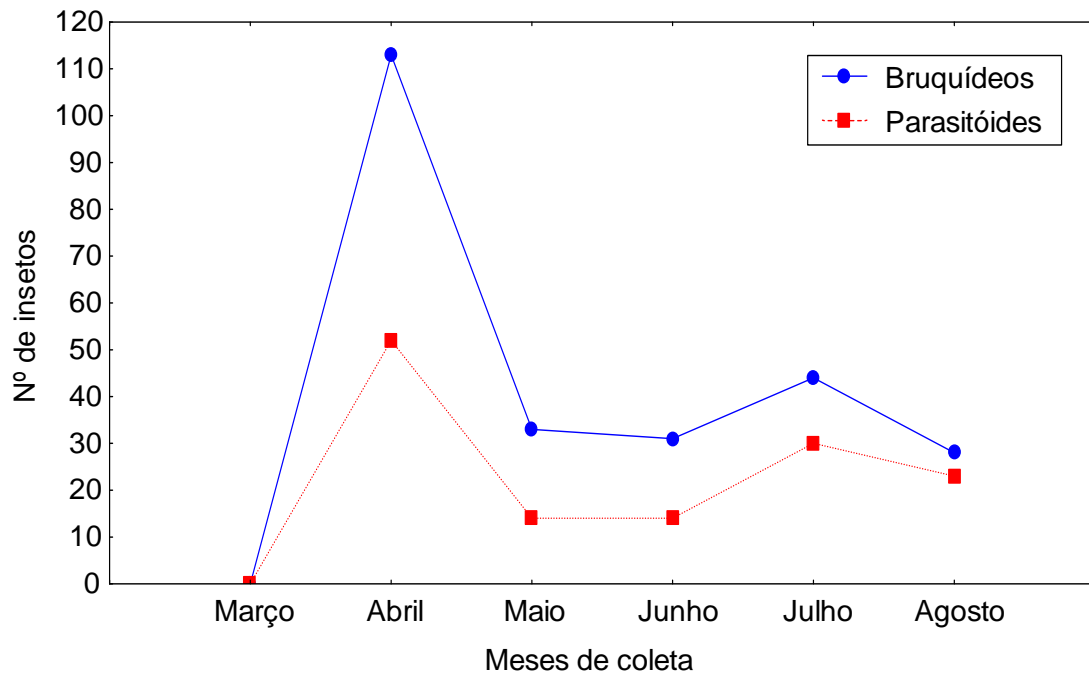
significativas tenham sido constatadas apenas para o ano de 2010 (Figs. 4, 5 e 6). A biomassa de bruquídeos e o tamanho corporal de bruquídeos e parasitóides, não diferiram entre as áreas (Figs. 7 e 8). Constatou-se que a biomassa entre os níveis tróficos (sementes-bruquídeos-parasitóides) diferiu significativamente em ambas as áreas e anos de coleta (Tabela 8). No entanto, apesar de ter havido um decréscimo nos valores de biomassa no sentido dos níveis tróficos superiores, a biomassa dos bruquídeos não diferiu da biomassa dos parasitóides (Tabela 8). No caso dos parasitóides, a biomassa foi estimada com indivíduos da ‘espécie 2’, a qual pode conter indivíduos de mesmo gênero, mas de espécies diferentes, como já mencionado anteriormente, o que pode ter superestimado o valor de biomassa dos parasitóides. Após a identificação das espécies, novas pesagens serão feitas.

Sabe-se que os inimigos naturais são muito importantes para se determinar a dinâmica populacional de insetos herbívoros (efeito top-down), principalmente os parasitóides, que podem ser bem específicos com relação ao hospedeiro (Hassell, 2000). No entanto, a qualidade e a quantidade de recursos (efeito bottom-up) também podem influenciar significativamente a abundância e a distribuição dos insetos herbívoros (Price, 1991; Waring & Cobb, 1992; Hartley & Jones, 1997; Ohgushi *et al.*, 2007). No presente estudo constatou-se que a abundância de bruquídeos e parasitóides, bem como a diversidade de parasitóides, foram maiores na área (Rubião) que apresentou maiores quantidades de frutos e sementes, sugerindo uma relação significativa entre a quantidade de recursos e a abundância e diversidade. No entanto, é importante salientar que não só a quantidade de recursos pode ter influenciado a abundância e a diversidade dos insetos, mas também sua qualidade, uma vez que uma maior concentração de taninos foi observada no Lageado, sendo esta diferença significativa (Tabela 7). Por exemplo, é sabido que os taninos podem comprometer o valor nutricional dos tecidos

vegetais porque podem se ligar com proteínas, dificultando sua degradação por enzimas no trato digestivo dos insetos. Além disso, os taninos podem dificultar a digestão do material vegetal, sendo então considerados compostos tóxicos para muitos herbívoros (Schoonhoven *et al.*, 2005). Segundo Leather (1994), a qualidade da planta só pode ser bem entendida quando as características químicas e físicas são investigadas conjuntamente. Portanto, é possível que as plantas do Lageado sejam de menor qualidade para os bruquídeos do que as plantas de Rubião, pois apresentaram menores quantidades de frutos e sementes e maior concentração de taninos (Tabela 7).

É importante destacar que justamente no Lageado, área com solos mais ricos, a quantidade de recurso foi significativamente menor. Como a morfologia das flores e das inflorescências de *M. bimucronata* permite o acesso aos recursos florais a uma ampla variedade de insetos polinizadores (Silva, 2006), a formação de frutos é muito dependente da frequência com que estes organismos visitam as flores. Portanto, é possível que existam mais polinizadores (ou polinizadores mais eficientes) nas proximidades das plantas em Rubião, embora esta hipótese ainda tenha que ser investigada. Por outro lado, a maior concentração de taninos nos frutos das plantas localizadas no Lageado pode estar associada a maior riqueza do solo nesta área, principalmente se a concentração de taninos (ou fenóis totais) estiver diretamente relacionada a produção de proteínas, como acontece em algumas plantas (Schoonhoven *et al.*, 2005).

a)



b)

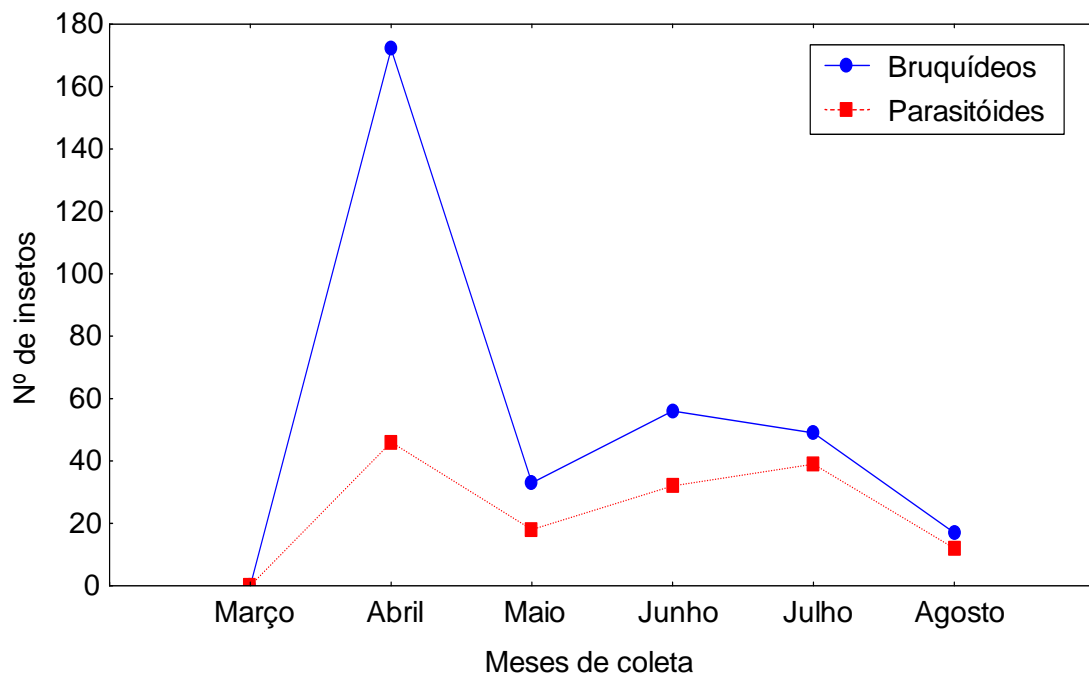
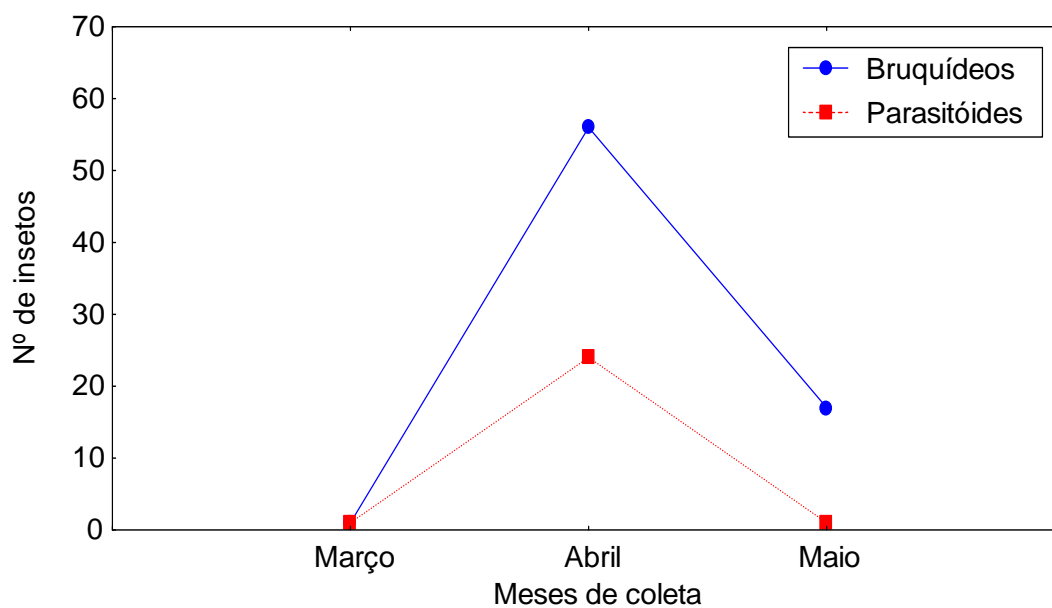


Fig. 1. Abundância de bruquídeos e parasitóides ao longo das coletas no ano de 2009. a) Lageado; b) Rubião.

a)



b)

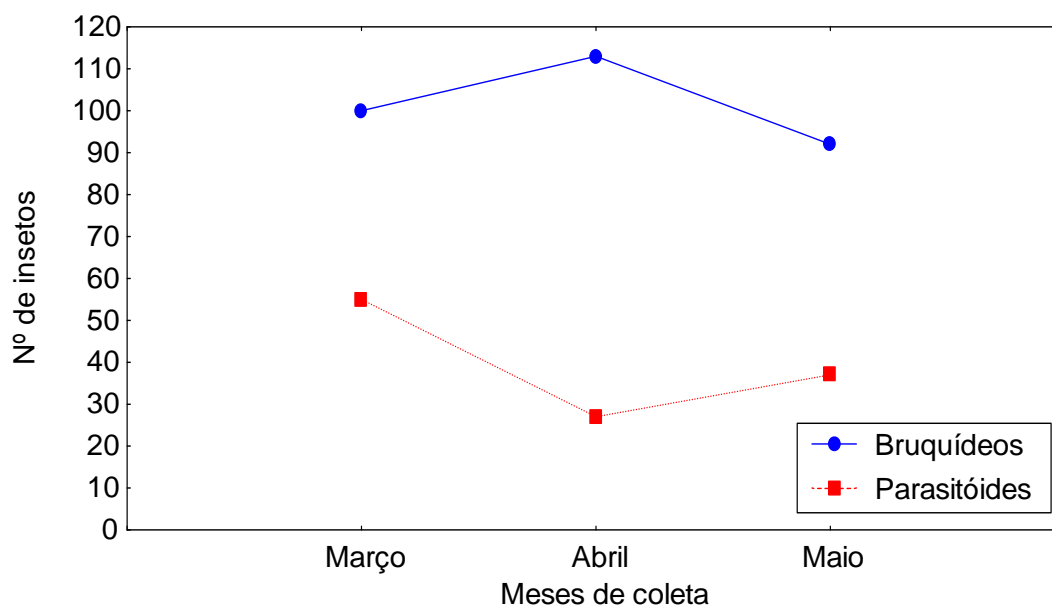
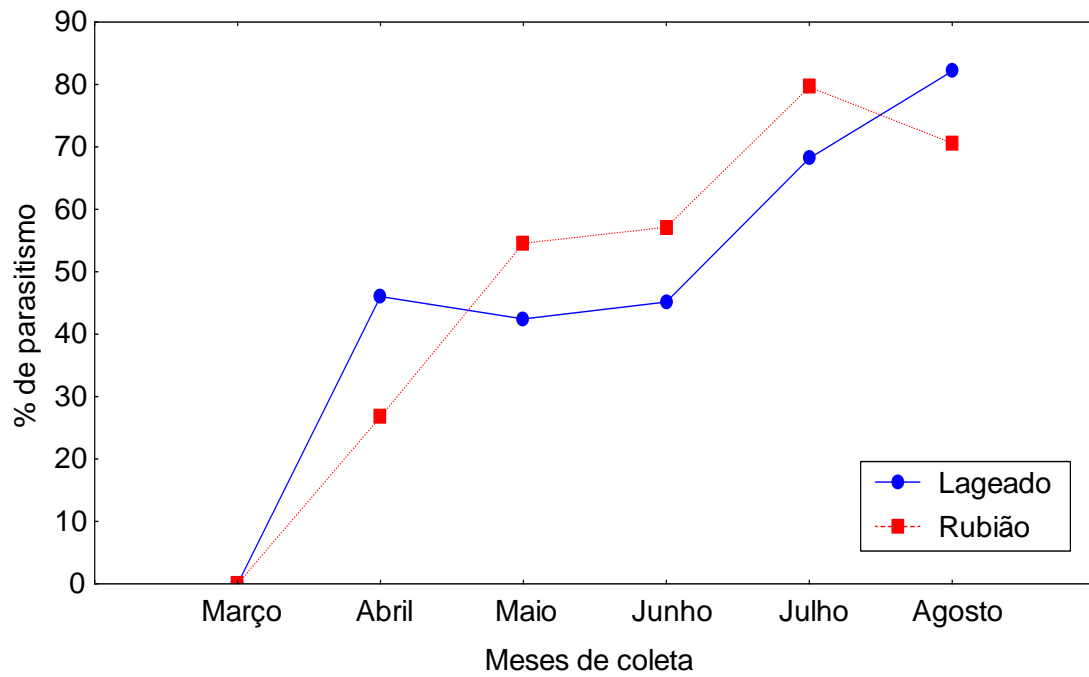


Fig. 2. Abundância de bruquídeos e parasitóides ao longo das coletas no ano de 2010. a) Lageado; b) Rubião.

a)



b)

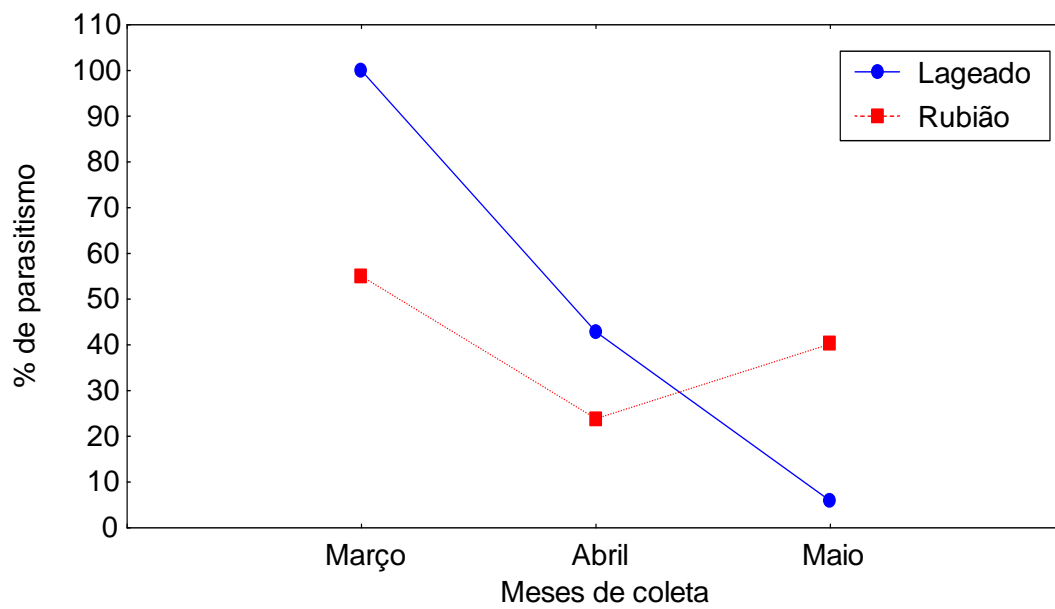


Fig. 3. Porcentagem de parasitismo ao longo das coletas nos anos de 2009 (a) e 2010 (b) no Lageado e em Rubião.

Tabela 1. Resultados dos testes de Mantel para comparações pareadas de matrizes elaboradas considerando os dados das plantas localizadas no Lageado, obtidos durante o ano de 2009.

| Matrizes comparadas | Biomassa de sementes | | Taninos | |
|----------------------------------|----------------------|-------|---------|-------|
| | r_M^a | P^b | r_M^a | P^b |
| Abundância de bruquídeos | -0,153 | 0,700 | 0,095 | 0,243 |
| Abundância de parasitóides | 0,020 | 0,388 | -0,015 | 0,498 |
| Biomassa de bruquídeos | 0,040 | 0,343 | -0,057 | 0,593 |
| Biomassa de parasitóides | 0,072 | 0,358 | -0,057 | 0,518 |
| Diversidade de parasitóides | -0,004 | 0,415 | 0,151 | 0,148 |
| Tamanho corporal de bruquídeos | 0,181 | 0,155 | -0,157 | 0,897 |
| Tamanho corporal de parasitóides | 0,026 | 0,404 | -0,062 | 0,579 |

^a A significância da estatística de Mantel, r_M , foi testada por permutações ao acaso de linhas e colunas para cada par de matriz. Para cada teste, o número de permutações foi de 999 mais a estatística observada; ^b Todas as análises mostraram resultados não significativos ($P > 0,05$).

Tabela 2. Resultados dos testes de Mantel para comparações pareadas de matrizes elaboradas considerando os dados das plantas localizadas no Lageado, obtidos durante o ano de 2010.

| Matrizes comparadas | Biomassa de sementes | | Quantidade de frutos | |
|-----------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | r_M^a | P^b | r_M^a | P^b |
| Abundância de bruquídeos | -0,121 | 0,536 | 0,094 | 0,245 |
| Abundância de parasitóides | 0,053 | 0,247 | 0,093 | 0,200 |
| Diversidade de parasitóides | 0,195 | 0,276 | 0,092 | 0,246 |

^a A significância da estatística de Mantel, r_M , foi testada por permutações ao acaso de linhas e colunas para cada par de matriz. Para cada teste, o número de permutações foi de 999 mais a estatística observada; ^b Todas as análises mostraram resultados não significativos ($P > 0,05$).

Tabela 3. Resultados dos testes de Mantel para comparações pareadas de matrizes elaboradas considerando os dados das plantas localizadas em Rubião, obtidos durante o ano de 2009.

| Matrizes comparadas | Biomassa de sementes | | Taninos | |
|----------------------------------|----------------------|-------|---------|-------|
| | r_M^a | P^b | r_M^a | P^b |
| Abundância de bruquídeos | -0,064 | 0,498 | 0,047 | 0,353 |
| Abundância de parasitóides | -0,198 | 0,774 | 0,105 | 0,292 |
| Biomassa de bruquídeos | 0,301 | 0,056 | -0,261 | 0,982 |
| Biomassa de parasitóides | -0,277 | 0,780 | 0,805 | 0,006 |
| Diversidade de parasitóides | -0,003 | 0,371 | 0,084 | 0,344 |
| Tamanho corporal de bruquídeos | -0,174 | 0,641 | -0,062 | 0,629 |
| Tamanho corporal de parasitóides | 0,066 | 0,251 | 0,197 | 0,147 |

^a A significância da estatística de Mantel, r_M , foi testada por permutações ao acaso de linhas e colunas para cada par de matriz. Para cada teste, o número de permutações foi de 999 mais a estatística observada; ^b Valor significativo de P está em itálico ($P < 0,05$).

Tabela 4. Resultados dos testes de Mantel para comparações pareadas de matrizes elaboradas considerando os dados das plantas localizadas em Rubião, obtidos durante o ano de 2010.

| Matrizes comparadas | Biomassa de sementes | | Quantidade de frutos | |
|-----------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | r_M^a | P^b | r_M^a | P^b |
| Abundância de bruquídeos | -0,118 | 0,740 | 0,362 | 0,085 |
| Abundância de parasitóides | -0,024 | 0,473 | -0,170 | 0,796 |
| Biomassa de bruquídeos | 0,089 | 0,283 | -0,290 | 0,947 |
| Biomassa de parasitóides | -0,340 | 0,925 | 0,209 | 0,282 |
| Diversidade de parasitóides | -0,079 | 0,612 | -0,312 | 0,985 |

^a A significância da estatística de Mantel, r_M , foi testada por permutações ao acaso de linhas e colunas para cada par de matriz. Para cada teste, o número de permutações foi de 999 mais a estatística observada; ^b Todas as análises mostraram resultados não significativos ($P > 0,05$).

Tabela 5. Resultados das comparações dos valores médios das concentrações (g/Kg) de areia, argila e silte (granulometria) nos solos das áreas Rubião e Lageado. Para as análises, cada réplica correspondeu às amostras retiradas sob cada planta.

| Granulometria | Média (\pm DP) | | t^* | P |
|---------------|----------------------|---------------------|-------|----------|
| | Rubião | Lageado | | |
| Areia | 731,1 (\pm 166,3) | 421,1 (\pm 70,4) | 5,43 | < 0,0001 |
| Argila | 170,9 (\pm 87,4) | 374,4 (\pm 46,4) | -6,50 | < 0,0001 |
| Silte | 98,0 (\pm 79,7) | 204,5 (\pm 45,3) | -3,67 | 0,002 |

* Análises com 18 graus de liberdade pelo teste- t .

Tabela 6. Resultados das comparações dos valores médios do PH, da capacidade de troca catiônica (mmol_c), e das concentrações de matéria orgânica (g/dm^3), potássio, cálcio e magnésio (mmol_c) nos solos das áreas Rubião e Lageado. Para as análises, cada réplica correspondeu às amostras retiradas sob cada planta.

| Variáveis comparadas | Média (\pm DP) | | t^* | P |
|----------------------|---------------------|----------------------|--------|----------|
| | Rubião | Lageado | | |
| PH | 4,20 (\pm 0,29) | 4,71 (\pm 0,23) | -4,40 | 0,0003 |
| CTC [†] | 59,0 (\pm 13,64) | 119,5 (\pm 12,89) | -10,19 | < 0,0001 |
| Matéria orgânica | 22,6 (\pm 7,59) | 41,5 (\pm 6,17) | -6,11 | < 0,0001 |
| Potássio | 0,59 (\pm 0,22) | 1,77 (\pm 0,86) | -4,21 | 0,0005 |
| Cálcio | 10,2 (\pm 3,68) | 37,8 (\pm 9,76) | -8,37 | < 0,0001 |
| Magnésio | 4,9 (\pm 1,85) | 15,6 (\pm 4,25) | -7,30 | < 0,0001 |

* Análises com 18 graus de liberdade pelo teste- t ; [†] CTC = Capacidade de troca catiônica.

Tabela 7. Resultados das comparações dos valores médios da biomassa de sementes (g), da quantidade de frutos e sementes, e da concentração de taninos (mg/ml de ácido tânico) entre as áreas Rubião e Lageado, considerando dados dos anos de 2009 e 2010. Para as análises, cada planta correspondeu a uma réplica.

| Variáveis comparadas | Média (\pm DP) | | t^* | P |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--------|---------|
| | Rubião | Lageado | | |
| Biomassa das sementes [†] | $7,36 \times 10^{-3}$ ($\pm 0,0006$) | $7,35 \times 10^{-3}$ ($\pm 0,001$) | 0,023 | 0,982 |
| Biomassa das sementes [‡] | $5,19 \times 10^{-3}$ ($\pm 0,0009$) | $5,85 \times 10^{-3}$ ($\pm 0,007$) | -0,317 | 0,755 |
| Quantidade de frutos [‡] | 155,25 ($\pm 77,62$) | 61,00 ($\pm 36,92$) | 3,467 | 0,003 |
| Quantidade de sementes [†] | 1006,78 ($\pm 199,47$) | 477,78 ($\pm 136,84$) | 6,561 | < 0,001 |
| Quantidade de sementes [‡] | 193,56 ($\pm 123,09$) | 53,89 ($\pm 34,98$) | 3,274 | 0,005 |
| Taninos [†] | 0,012 ($\pm 0,005$) | 0,023 ($\pm 0,007$) | -3,892 | 0,001 |

* Análises com 18 graus de liberdade pelo teste- t ; [†] Comparação com dados do ano de 2009; [‡] Comparação com dados do ano de 2010.

Tabela 8. Comparação da biomassa (ANOVA) entre sementes, bruquídeos e parasitóides em cada área de estudo, considerando os anos de coleta de 2009 (Lageado e Rubião) e 2010 (Rubião). Em cada área, médias seguidas por letras distintas diferiram pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

| Área/ano | Média (\pm DP) | | | F | gl | P |
|--------------|---|---|--|---------|------|----------|
| | Sementes | Bruquídeos | Parasitóides | | | |
| Lageado/2009 | $7,35 \times 10^{-3}$ a ($\pm 0,0011$) | $0,19 \times 10^{-3}$ b ($\pm 0,9 \times 10^{-4}$) | $0,12 \times 10^{-3}$ b ($\pm 0,4 \times 10^{-4}$) | 367,12 | 2 | < 0,0001 |
| Rubião/2009 | $7,36 \times 10^{-3}$ a ($\pm 0,0006$) | $0,21 \times 10^{-3}$ b ($\pm 1,1 \times 10^{-4}$) | $0,15 \times 10^{-3}$ b ($\pm 0,3 \times 10^{-4}$) | 1044,69 | 2 | < 0,0001 |
| Rubião/2010 | $5,19 \times 10^{-3}$ a ($\pm 0,0009$) | $0,21 \times 10^{-3}$ b ($\pm 0,0001$) | $0,36 \times 10^{-4}$ b ($\pm 0,19 \times 10^{-4}$) | 220,75 | 2 | < 0,0001 |

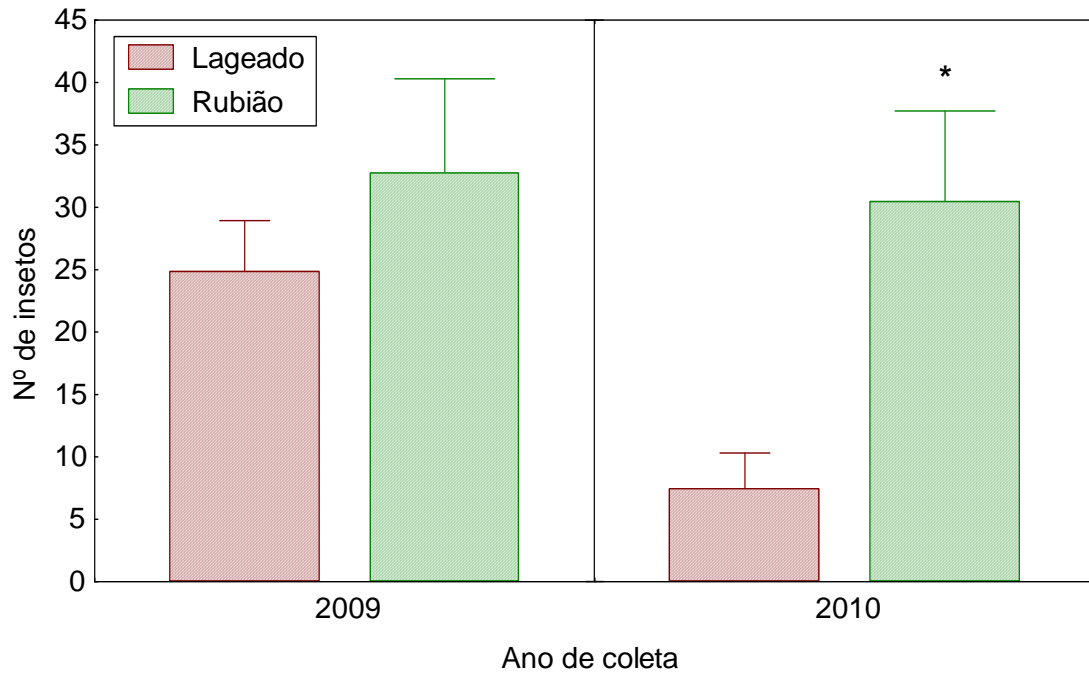


Fig. 4. Comparação da abundância média (\pm EP) de bruquídeos entre as áreas de estudo. * indica diferença significativa entre as áreas no ano de 2010 (Ano 2009: $t = 0,919$; $gl = 18$; $P = 0,370$; Ano 2010: $t = 3,181$; $gl = 18$; $P = 0,005$).

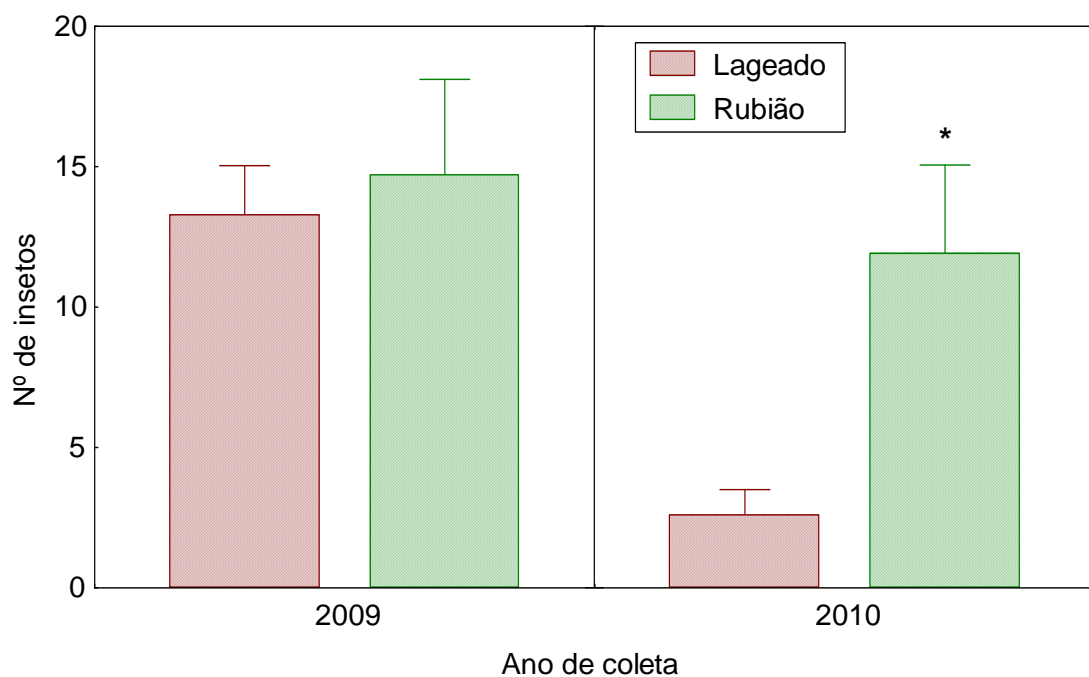


Fig. 5. Comparação da abundância média (\pm EP) de parasitóides entre as áreas de estudo. * indica diferença significativa entre as áreas no ano de 2010 (Ano 2009: $t = 0,421$; $gl = 18$; $P = 0,678$; Ano 2010: $t = 3,060$; $gl = 18$; $P = 0,007$).

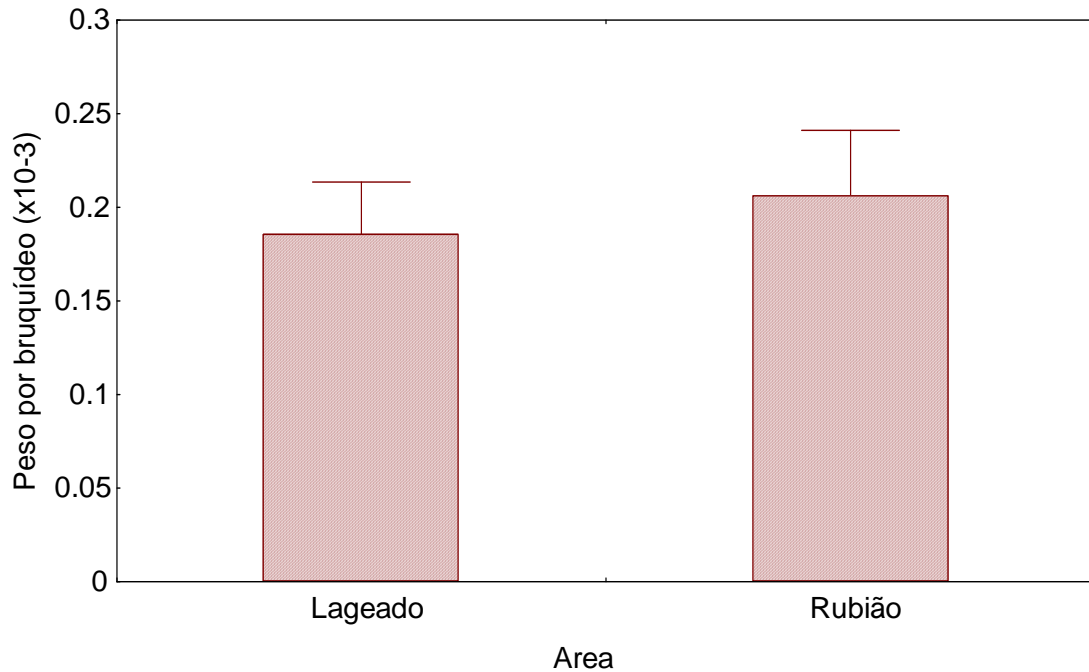


Fig. 6. Comparação da biomassa média (\pm EP) de bruquídeos entre as áreas de estudo, considerando o ano de coleta de 2009. Não houve diferença significativa ($t = 0,450$; $gl = 18$; $P = 0,658$).

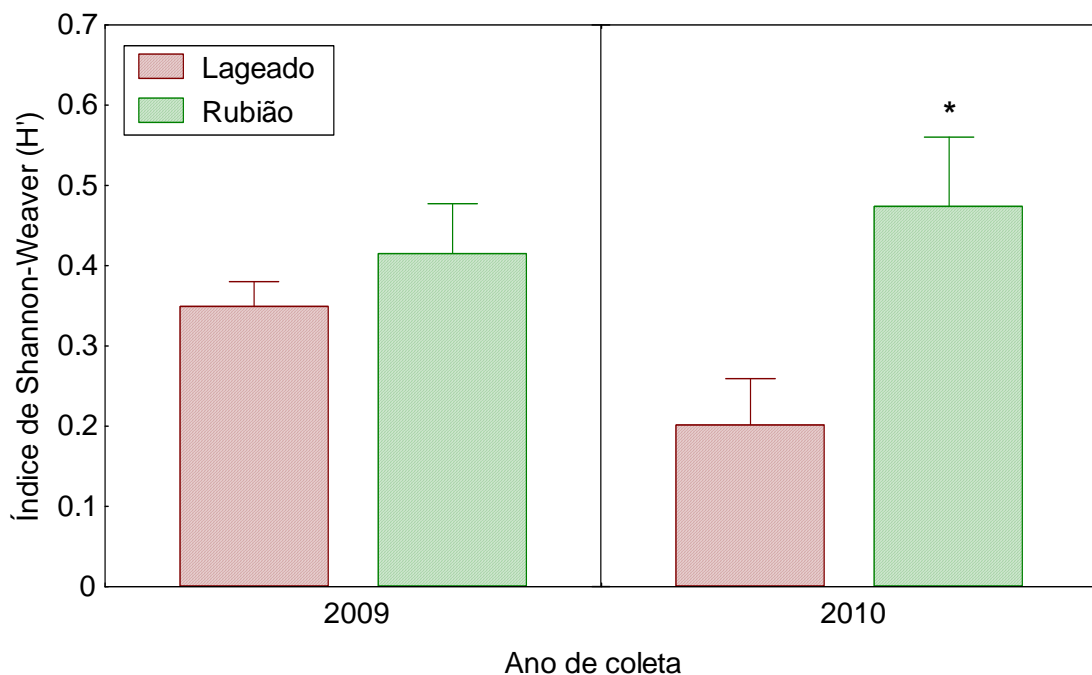


Fig. 7. Comparação da diversidade média de parasitóides (\pm EP) entre as áreas de estudo. O índice de Shannon-Weaver foi utilizado para a estimativa da diversidade em cada planta. * indica diferença significativa entre as áreas no ano de 2010 (Ano 2009: $t = 0,963$; $gl = 18$; $P = 0,348$; Ano 2010: $t = 2,605$; $gl = 18$; $P = 0,018$).

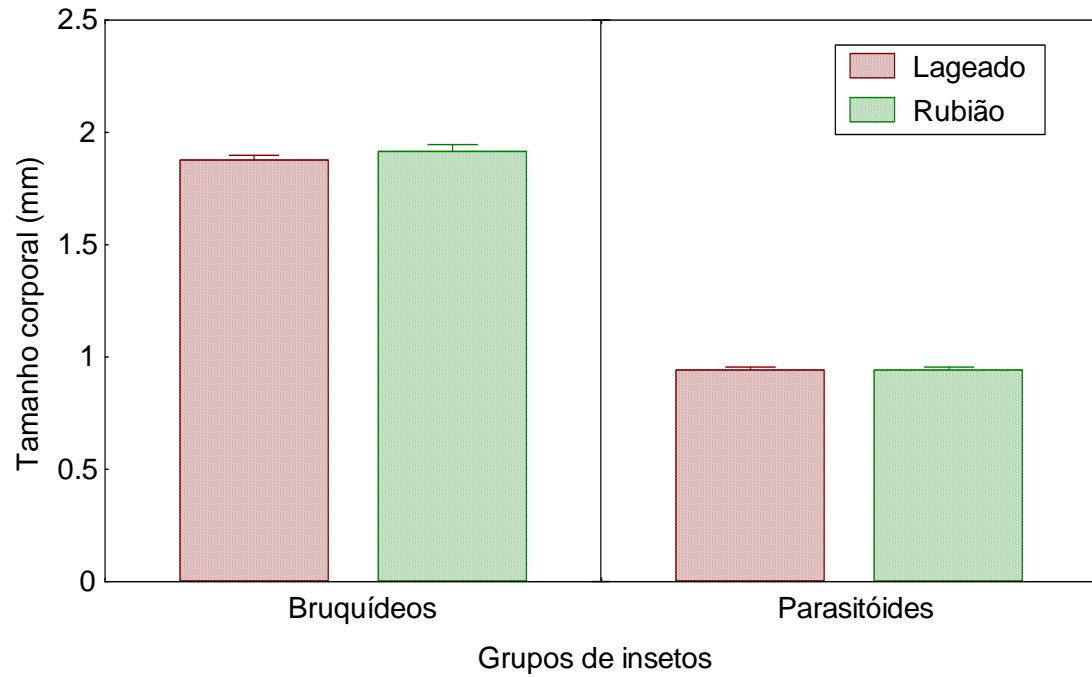


Fig. 8. Comparação do tamanho corporal de bruquídeos e parasitóides entre as áreas de estudo, considerando o ano de coleta de 2009. Diferenças significativas não foram observadas (Bruquídeos: $t = 0,851$; $gl = 18$; $P = 0,406$; Parasitóides: $t = 0,216$; $gl = 17$; $P = 0,831$).

6. Referências bibliográficas

- Borowiec, L. 1987. The genera of seed-beetles (Coleoptera, Bruchidae). *Polskie Pismo Entomologiczne* 57: 3-207.
- Burkart, A. 1979. Leguminosas Mimosóideas. In: Reiz, R. (ed.). *Flora Ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 299p.
- Carvalho, W. A., Espíndola, C. R. & Paccola, A. A. 1983. *Levantamento de solos da fazenda Lageado estação experimental "Presidente Médice"*. FCA/Unesp, Botucatu, SP.
- Center, T.D. & Johnson, C.D. 1974. Coevolution of some seed beetles (Coleoptera: Bruchidae) and their hosts. *Ecology* 55: 1096-1103.
- Cornelissen, T., Fernandes, G.W. & Vasconcellos-Neto, J. 2008. Size does matter: variations in herbivory between and within plants and the plant vigor hypothesis. *Oikos* 117: 1121–1130.
- Crawley, M.J. 2007. *The R book*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Denno, R.F.; Gratton, C.; Peterson, M.A.; Langellotto, G.A.; Finke, D.L. & Huberty, A.F. 2002. Bottom-up forces mediate natural-enemy impact in a phytophagous insect community. *Ecology* 83: 1443-1458.
- Folin, O, & Ciocalteau V. 1927. On tyrosine and tryptophane determination in proteins. *Journal of Biological Chemistry* 73: 424–427.
- Fortin, M-J. & Dale, M.R.T. 2005. *Spatial analysis: a guide for ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fortin, M-J.; Jacquez, G.M.; Shipley, B. 2002. Computer-intense methods. In: El-Shaarawi AH, Piegorisch WW (eds) *Encyclopedia of environmetrics*. John Wiley & Sons, Chichester, pp 399–402.

- Gullan, P.J. & Cranston, P.S. 2000. *The insects: an outline of entomology*. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Hansson, C.; Aebi, A. & Benrey, B. 2004. *Horismenus* species (Hymenoptera: Eulophidae) in a bruchid beetle parasitoid guild, including the description of a new species. *Zootaxa* 548: 1-16.
- Hartley, S.E. & Jones, C.G. 1997. Plant chemistry and herbivory: or why the world is green. *Plant Ecology*, 2nd edn (ed. M.J. Crawley), pp. 284–324. Blackwell Science, Oxford.
- Hassell, M. P. 2000. *The spatial and temporal dynamics of host-parasitoid interactions*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Hunter, M.D. 2003. Effects of plant quality on the population ecology of parasitoids. *Agr. For. Entomol.* 5: 1-8.
- Hunter, M.D. & Price, P.W. 1992. Playing chutes and ladders – heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology* 73: 724-732.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2: 465-492.
- Janzen, D.H. 1975. Interactions of seeds and their insect predators/parasitoids in a tropical deciduous forest. In: Price, P. W. (ed.). *Evolutionary strategies of parasitic insects and mites*. Plenum Press, New York.
- Janzen, D.H. 1980. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. *J. Ecol.* 68: 929-952.
- Johnson, C.D. 1981. Interactions between bruchid (Coleoptera) feeding guilds and behavioral patterns of fruits of the Leguminosae. *Environ. Entomol.* 10: 249-253.

- Johnson, C.D. 1989. Adaptive radiation of *Acanthoscelides* in seeds: examples of legume-bruchid interactions. *Mono. Syst. Bot. Missouri Botanical Gardens* 29: 747-779.
- Johnson, C. D. 1994. The enigma of the relationships between seeds, seed beetles, elephants, cattle and other organisms. *Aridus* 6: 1-4.
- Johnson, C.D & Romero, J. 2004. A review of evolution of oviposition guilds in the Bruchidae (Coleoptera). *Rev. Bras. Entomol.* 48: 401-408.
- Johnson, C.D.; Southgate, B.J. & Delobel, A. 2003. A revision of the Caryedontini (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae) of Africa and Middle East. *Memo. Am. Entomol. Soc.* 44: 1-120.
- 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. *Ecol. Entomol.* 30: 58-62.
- Kestring, D.; Menezes, L.C.C.R.; Tomaz, C.A.; Lima, G.P.P. & Rossi, M. N. 2009. Relationship among phenolic contents, seed predation and physical seed traits in *Mimosa bimucronata* plants. *J. Plant Biol.* 52: 569-576.
- Leather, S.R. 1994. Life history traits of insect herbivores in relation to host quality. pp. 175–207 in Bernays, E.A. (Ed.), *Insect Plant Interactions*. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- Legendre, P. & Fortin, M-J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107–138.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. Numerical ecology. Elsevier, Amsterdam.
- Lill, J.T., Marquis, R.J. & Ricklefs, R.E. 2002. Host plants influence parasitism of forest caterpillars. *Nature* 417: 170-173.

- Lorenzi, H. 2000. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3ª Ed., Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP.
- Mantel, N. 1967 The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.* 27: 209–220.
- Marchiori, J.N.C. 1993. Anatomia da madeira e casca do Maricá, *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. *Ci. Fl.* 3: 85-106.
- Moon, D.C., Rossi, A.M. & Stiling, P. 2000. The effects of abiotically induced changes in host plant quality (and morphology) on a salt marsh planthopper and its parasitoid. *Ecol. Entomol.* 25: 325-331.
- Moon, D.C. & Stiling, P. 2002. The effects of salinity and nutrients on a tritrophic salt-marsh system. *Ecology* 83: 2465-2476.
- Ohgushi, T.; Craig, T.P. & Price, P.W. 2007. *Ecological communities: plant mediation in indirect interaction webs*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ott, J.R. 1991. The biology of *Acanthoscelides alboscuteatus* (Coleoptera: Bruchidae) on its host plant, *Ludwigia alternifolia* (L) (Onagraceae). *Proc. Entomol. Soc. Washington* 93: 641-651.
- Perez-Lachaud, G. & Campan, M. 1994. Sexual behaviour and reproductive strategy in *Chryseida bennetti* Burks (Hymenoptera: Eurytomidae), a parasitoid of the bean weevil. I: effect of partner age. *Can. J. Zool.* 72: 126-134.
- Preszler, R.W. & Price, P.W. 1995. A test of plant-vigor, plant-stress, and plant-genotype effects on leaf-miner oviposition and performance. *Oikos* 74: 485–492.
- Price, P.W. 1991. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos* 62: 244–251.
- Raffaelli, D.G. & Hall, S.J. 1996. Assessing the relative importance of trophic links in food webs. In: Polis, G.A.; Winemiller, K.O. *Food web: Integration of patterns & dynamics*. Chapman & Hall, New York.

- Reitz, R., Klein, R. M. & Reis, A. 1983. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia*, 34/35: 1-525.
- Rodrigues, L. M. S. 2008. Parasitóides, bruquídeos e plantas hospedeiras: riqueza de espécies e dinâmica espacial em escala local. Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área Botânica. pp. 97.
- Roininem, H., Price, P.W. & 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.
- Romero-Napoles, J.R. 2002. Bruchidae. In: Bousquets, J.L. & Morrone, J.J. (eds.). *Biodiversity, taxonomy, and biogeography of arthropods from Mexico: a synthesis*. Unan, Vol. III, pp. 513–534.
- Schmale, I., Wäckers, F.L., Cardona, C. & Dorn, S. 2001. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. *Biol. Control* 21: 134-139.
- Schmale, I.; Wäckers, F.L.; Cardona, C. & Dorn, S. 2005. How host larval age, and nutrition and density of the parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) influence control of *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). *Bul. Entomol. Res.* 95: 145-150.
- Schoonhoven L.M.; Van Loon J.J.A. & Dicke M. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, New York.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

- Silva, L.A. 2006. Biologia floral e predação de sementes em *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze por *Acanthoscelides schrankiae* Horn 1873 (Coleoptera: Bruchidae). Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, PPG em Botânica, Unesp/Botucatu. 66 pp.
- Silva, L.A.; Maimoni-Rodella, R.C.S. & Rossi, M.N., 2007. A preliminary investigation of pre-dispersal seed predation by *Acanthoscelides schrankiae* Horn (Coleoptera: Bruchidae) in *Mimosa bimucronata* (D.C.) Kuntze trees. Neotrop. Entomol. 36: 197-202.
- Singer, M.S. & Stireman, J.O. 2005. The tri-trophic niche concept and adaptive radiation of phytophagous insects. Ecol. Letters 8: 1247-1255.
- Southgate, B.J. 1979. *Biology of the Bruchidae*. Ann. Rev. Entomol. 24: 449-473.
- Stiling, P.D. 1999. *Ecology: theories and applications*. Prentice Hall, New Jersey, NJ.
- Teder, T. & Tammaru, T. 2002. Cascading effects of variation in plant vigour on the relative performance of insect herbivores and their parasitoids. Ecol. Entomol. 27: 94-104.
- Tomaz, C.A.; Kestring, D. & Rossi, M.N. 2007. Effects of the seed predator *Acanthoscelides schrankiae* on viability of its host plant *Mimosa bimucronata*. Biol. Res. 40: 281-290.
- Tuda, M.; Shima, K.; Johnson, C.D. & Morimoto, K. 2001. Establishment of *Acanthoscelides pallidipennis* (Coleoptera: Bruchidae) feeding in seeds of the introduced legume *Amorpha fruticosa*, with a new record of its *Eupelmus* parasitoid in Japan. App. Entomol. Zool. 36: 269-276.
- Turchin, P., Taylor, A.D. & Reeve, J.D. 1999. Dynamical role of predators in population cycles of a forest insect: an experimental test. Science 285: 1068-1071.

- Walker, M. & Jones, H. 2001. Relative roles of top-down and bottom-up forces in tritrophic systems. Are the data adequate? *Oikos* 93: 177-187.
- Walker, M., Hartley, S.E. & Jones, H. 2008. The relative importance of resources and natural enemies in determining herbivore abundance: thistles, tephritids and parasitoids. *J. Anim Ecol.* 77: 1063–1071.
- Waring, C.L. & Cobb, N.S. 1992. The impact of plant stress on herbivore population dynamics. *Insect–Plant Interactions* (ed E.A. Bernays), Vol. 4, pp. 168–215. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Watt, A.D. 1987. The effect of shoot growth stage of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* on the growth and survival of *Panolis flamea* larvae. *Oecologia* 72: 429–433.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Zvereva, E.L. & Rank, N.E. 2003. Host plant effects on parasitoid attack on the leaf beetle *Chrysomela lapponica*. *Oecologia*, **135**, 258-267.