



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

HUGO REIS MEDEIROS

**EFEITO DA PAISAGEM SOBRE A OCORRÊNCIA DE  
SIRFÍDEOS EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO NORTE  
DO PARANÁ**

---

Londrina  
2014

HUGO REIS MEDEIROS

**EFEITO DA PAISAGEM SOBRE A OCORRÊNCIA DE  
SIRFÍDEOS EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO NORTE  
DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ayres de Oliveira Menezes Jr.

Londrina  
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

M488e Medeiros, Hugo Reis.  
Efeito da paisagem sobre a ocorrência de sirfídeos em agroecossistemas da região norte do Paraná / Hugo Reis Medeiros. – Londrina, 2014.  
62 f. : il.

Orientador: Ayres de Oliveira Menezes Júnior.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2014.  
Inclui bibliografia.

1. Insetos – Teses. 2. Entomologia – Teses. 3. Ecologia agrícola – Teses. 4. Milho – Teses. 5. Trigo – Teses. I. Menezes Júnior, Ayres de Oliveira. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 595.77

HUGO REIS MEDEIROS

**EFEITO DA PAISAGEM SOBRE A OCORRÊNCIA DE SIRFÍDEOS EM  
AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO NORTE DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador. Dr. Ayres de Oliveira Menezes Jr.  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Dr. Rodrigo Ferreira Krüger  
Universidade Federal de Pelotas – UFPel

---

Dra. Mírian Nunes Morales  
Universidade Federal de Lavras – UFLA

Londrina, 25 de fevereiro de 2014.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Ayres de Oliveira Menezes Junior, por todas as orientações, sugestões, paciência e, sobretudo, por impulsionar uma caminhada acadêmica que apenas se iniciou.

Aos doutores da casa, pelos conhecimentos e experiências que permearam esses dois anos; ao programa de Pós Graduação em Agronomia, pelo apoio institucional e oportunidades acadêmicas; ao apoio financeiro da Capes.

Ao professor Osvaldo Pereira Coelho Neto que me orientou em todas as análises de geoprocessamento.

À banca, pela competência das contribuições ao meu trabalho: Prof. Rodrigo em relação às análises estatísticas, e Dra. Mírian auxiliando na identificação das espécies de Syrphidae.

À todos os membros do grupo de estudos em Entomologia, pelos aportes durante o trabalho. Um obrigado especial para Adriano Thibes Hoshino que foi meu “co-orientador”, participou de todas as etapas desse estudo e me ajudou a solucionar as incógnitas e conduzir o trabalho.

Aos colegas de mestrado que, até sem saberem, me auxiliaram. Foram muitas conversas e devaneios que me impulsionaram nos momentos de desânimo e de falta de criatividade. Aos amigos ‘externos’, obrigado por acreditarem que eu tinha potencial e, principalmente, por me lembrarem disso a todo momento.

Aos produtores que permitiram o acesso e condução desta pesquisa em suas propriedades.

Aos familiares que sempre apoiaram minhas escolhas. Pais, obrigado por serem meus pais! Não é qualquer acadêmico que tem o privilégio de ter pais que compreendam um filho acadêmico. Mariana, a esposa, obrigado pelo apoio técnico, acadêmico, psicológico e amoroso.

MEDEIROS, H. R. **Efeito da paisagem sobre a ocorrência de sirfídeos em agroecossistemas da região norte do Paraná.** 2014. 62 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, 2014.

## RESUMO

Os sirfídeos (Diptera: Syrphidae) fornecem relevantes serviços ecossistêmicos: as larvas de várias espécies são importantes agentes de controle biológico de pulgões; e alguns adultos atuam como polinizadores. Entretanto, pouco se sabe sobre a ecologia e o comportamento das espécies de sirfídeo neotropicais. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da composição da paisagem sobre a comunidade de sirfídeos. Para tal, foram selecionadas 18 áreas cultivadas com trigo situadas na região norte do Estado do Paraná, cujo entorno foi mapeado em um raio de 2000 metros. Em três margens de cada plantação foram instaladas armadilhas tipo Malaise, distantes 25m da borda da plantação, para a coleta dos sirfídeos. A densidade de pulgões foi estimada por meio de avaliação visual em 300 perfis por área. Com base nas coletas, foram estimadas a abundância e riqueza de espécies de sirfídeo, assim como, a abundância de pulgões. No total, foram coletados 8340 sirfídeos, pertencentes a 57 espécies; e 1463 pulgões. *Allograpta exotica*, *Pseudodoros clavatus* e *Toxomerus politus* foram as espécies de sirfídeos mais abundantes em todas as áreas e, juntas representaram 81,4% do total de indivíduos coletados. A riqueza de espécies de sirfídeo aumentou com o incremento da diversidade da paisagem e da quantidade de habitats não agrícolas em todas as escalas espaciais utilizadas. Ao contrário dos adultos que se alimentam de pólen e néctar, as larvas dos sirfídeos são extremamente especializadas em um ou poucos microhabitats e apresentam uma grande variedade de hábitos alimentares, que incluem fitófagos, micófagos, saprófagos, filtradores (aquáticos), coprófagos, mirmecófagos e zoófagos. Portanto, o aumento de complexidade da paisagem resulta na maior oferta de micro-habitats específicos para as larvas de sirfídeos pertencentes a diferentes guildas ou grupos funcionais. A abundância de sirfídeos, por outro lado, aumentou com a expansão das culturas anuais. Esse resultado pode ser atribuído à dominância de poucas espécies bem adaptadas à matriz agrícola. Por exemplo, as espécies dominantes *A. exotica* e *T. politus* mostraram associações positivas com as culturas anuais e provavelmente concentraram suas populações na cultura do milho devido à grande oferta de recursos (pulgão e pólen). Os habitats naturais e seminaturais existentes em paisagens agrícolas são fundamentais para a persistência da biodiversidade e seus serviços. No caso dos sirfídeos, mesmo as espécies que mostraram associações negativas com esses ambientes, provavelmente migram para esses habitats em períodos de distúrbio (como aplicações de agrotóxicos e colheita), ou de escassez de recursos, como período de entressafra.

**Palavras-chave:** Afidófagos. Diversidade da paisagem. Habitats não agrícolas. Milho. Trigo. Syrphidae.

MEDEIROS, H. R. **The effects of landscape on the occurrence of syrphids in agroecosystems of northern Paraná State - Brazil.** 2014. 62 p. Dissertation (Master degree in Agronomy) – Londrina State University, 2014.

### ABSTRACT

The hoverflies provide two important ecosystem services: the larvae of many species are aphidophagous controlling populations of crop-aphids, while many adults act as pollinators. However little is known about the ecology and behavior of Neotropical hoverflies. The aim of this study was to evaluate the influence of landscape composition on hoverfly community. To this, 18 wheat fields were selected, all located on northern Paraná State – Brazil. In order to quantify the landscape composition, the surroundings of the wheat fields were mapped in a radius of 2000 meters. In each field, three Malaise traps were installed to collect syrphids; each located 25m from in border of crop. The density of aphids was estimated through visual assessments in 300 wheat shoots per field. Furthermore, the weed species were clustered into six functional groups and the populations of aphids in 13 corn fields adjacent to six wheat fields were estimated. Based on data collection the species richness and abundance of syrphids and the abundance of aphids were estimated. In total, 8340 syrphids belonging to 57 species, and 1463 aphids were recorded. The syrphids *Allograpta exotica*, *Pseudodoros clavatus* and *Toxomerus politus* were the most abundant species, and together represented 81.4% of the total collected specimens. The syrphid species richness increase with increasing both landscape diversity and the amount of non-crop habitats at all spatial scales. While adults feed on pollen and nectar, the larvae are extremely specialized in few micro-habitat types and present a large variety of feeding modes that include phytophages, mycophages, saprophages and zoophages. Therefore, the increase of landscape complexity results in higher availability of specific micro-habitats for larvae from different functional groups. On the other hand, the syrphid abundance increases with expansion of annual crops. These results can be attributed to the dominance of few species well adapted to agricultural matrix. For instance, the dominant species *A. exotica* and *T. politus* showed positive associations with annual crops and probably concentrated its populations in cornfields due to the temporary high availability of resources (aphids and pollen). The natural and semi-natural habitats in the surrounding landscapes are fundamental for biodiversity persistence and its services. In the case of syrphids even crop-associated species probably spillover from arable fields to non-crop habitats in periods of disturbance such as pesticide applications, harvest or scarcity of resources during off-season periods.

**Key-words:** Syrphidae. Landscape diversity. Non-crop habitats. Corn. Wheat. Aphidophagous.

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1** –Percevejos. a) *Dichelops furcatus*, b) *Dichelops melacanthus*, c) *Collaria scenica*; d) *Nezara viridula* e *Thyanta perditor*..... 17
- Figura 2** –Lagartas. a) Lagarta-do-trigo, *Pseudaletia sequax* (adulto); b) Lagarta-do-trigo, *Pseudaletia sequax* (larva); c) Lagarta-militar, *Spodoptera frugiperda* ..... 18
- Figura 3** –Corós. a) *Diloboderus abderus* (Coró-das-pastagens, adulto macho e larva); b) *Phyllophaga triticophaga* (Coró-do-trigo, adulto e larva). Escala = 1 cm..... 19
- Figura 4** –Pulgões. a) *Sitobion avenae*; b) *Schizaphis graminum*; c) *Rhopalosiphum padi*; d) *Metopolophium dirhodum*; e) *Rhopalosiphum maydis* ..... 21
- Figura 5** –Ciclo de vida dos parasitoides afidófagos ..... 23
- Figura 6** –Espécies de predadores pertencentes às famílias: A) Coccinellidae; B) Syrphidae; C) Dolichopodidae; D) larva de Chrysopidae; E) Larva de Hemerobiidae; F) Forficulidae; G) Labirudidae; H) Nabidae; I) Anthocoridae; J) Staphylinidae; L) Vespidae e a ordem M) Araneae..... 25

### ARTIGO

- Figura 3.1** –Localização da região de estudo. A – Localização do Estado do Paraná no Brasil, B – Localização da região de estudo no Estado do Paraná e C – Localização dos campos de trigo na região de estudo. Os triângulos representam os campos amostrados em 2012 e círculos os campos amostrados em 2013 ..... 31
- Figura 3.2** –Tipos de habitats não agrícolas comumente encontrados na região; A = fragmento florestal, B = pasto abandonado, C = capoeira e D = várzea ..... 32
- Figura 3.3** –Exemplo de setor de paisagem mapeado. A) Os anéis em vermelho representam as quatro escalas espaciais de 0-2 km, em intervalos de 500 metros; B) Mapa de uso do solo no qual o plantio de trigo, área estudada, encontra-se no centro do mapa ..... 35
- Figura 3.4** –Amadilha tipo Malaise (modelo Townes, 1972) ..... 35

<b>Figura 3.5</b> –Esquema geral do delineamento amostral. A) Visão geral do experimento; B) Borda ampliada onde a estrela representa a armadilha Malaise e os círculos localizam os pontos de avaliação de pulgões (cada ponto compreende 10 perfilhos). O espaçamento entre os pontos de avaliação de pulgão é de 10 metros. As armadilhas Malaise foram fixadas dentro dos campos de trigo a 25 metros das bordas.....	36
<b>Figura 3.6</b> –Representação gráfica das três espécies de Syrphidae mais abundantes e do conjunto das demais espécies em relação ao total de indivíduos coletados .....	40

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO

- Tabela 3.1** –Dados de localização das 18 áreas contempladas no estudo. ACT = área dos campos de trigo estudados em hectares, %NC = porcentagem de habitats não agrícolas e CP = grau de complexidade da paisagem. As métricas %NC e CP são referentes a um raio de 2 km no entorno dos campos de trigo estudados..... 33
- Tabela 3.2** –Lista de modelos concorrentes por variável resposta. Os números 500, 1000, 1500 e 2000 indicam a escala espacial em metros utilizada nos modelos..... 38
- Tabela 3.3** –Relação de espécies e morfoespécies de sirfideo coletadas em 18 plantações de trigo no norte do Paraná. N = número de indivíduos..... 39
- Tabela 3.4** –Rank dos melhores modelos para a riqueza de espécies ( $S_{\text{syph}}$ ), abundância total ( $N_{\text{syph}}$ ) e das três espécies mais abundantes de sirfideo. Estimate = indica se associação entre a variável dependente e a variável explanatória de cada modelo é positiva ou negativa. ES = escala espacial dos modelos em metros..... 41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.1	PAPEL ECOLÓGICO DOS REMANESCENTES DE HABITATS NÃO AGRÍCOLAS EM PAISAGENS AGRÍCOLAS .....	11
2.2	EFEITOS DA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM SOBRE A COMUNIDADE DE INSETOS FITÓFAGOS E SEUS INIMIGOS NATURAIS .....	13
2.3	EFEITOS DA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM SOBRE OS PADRÕES E PROCESSOS DA BIODIVERSIDADE: PRINCIPAIS HIPÓTESES .....	15
2.4	INTERAÇÕES TRÓFICAS EM PLANTAÇÕES DE TRIGO NO SUL DO BRASIL .....	16
2.4.1	Artrópodes Predadores .....	24
<b>3</b>	<b>EFEITO DA PAISAGEM SOBRE A OCORRÊNCIA DE SIRFÍDEOS EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO NORTE DO PARANÁ</b> .....	29
3.1	INTRODUÇÃO .....	29
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.2.1	Área de Estudo .....	30
3.2.2	Análise da Paisagem .....	34
3.2.3	Amostragem de Sirfídeos e Pulgões .....	35
3.2.4	Análises Estatísticas .....	37
3.3	RESULTADOS .....	39
3.3.1	Sirfídeos e Pulgões .....	39
3.3.2	Efeitos da Composição da Paisagem .....	41
3.4	DISCUSSÃO .....	41
3.4.1	Implicações para o Controle Biológico de Pragas .....	43
3.4.2	Considerações Finais e Sugestões para Estudos Futuros .....	45
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46
	<b>APÊNDICE</b> .....	59
	APÊNDICE A – Figuras representando a curva de suficiência amostral para cada um dos 18 campos de trigo amostrado. As linhas representam o estimador de riqueza de espécies Jackknife 2. No eixo X estão as semanas de amostragem (total de cinco semanas) .....	60

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensificação da agricultura (IA) é considerada uma das grandes ameaças à biodiversidade e aos seus serviços ecossistêmicos, como a conservação do solo e da água, o controle biológico de pragas e a polinização de plantas cultivadas. Em escala local a IA afeta negativamente a biodiversidade por meio das práticas de manejo e aplicação de agrotóxicos. Já, em escala regional, a IA acaba por simplificar a paisagem devido à ampliação das áreas de cultivo e supressão de habitats não agrícolas naturais e seminaturais. Do ponto de vista de espécies como as de insetos benéficos, por exemplo, os cultivos anuais são efêmeros e submetidos a intensos e frequentes distúrbios, como a aplicação de agrotóxicos e a colheita. Neste contexto, os habitats não agrícolas são fundamentais em paisagens agrícolas, pois atuam como áreas de refúgio para a biodiversidade, de modo a fornecerem abrigo, recursos alimentares, e locais para reprodução e hibernação.

A presente dissertação é composta de duas partes. A primeira faz uma revisão bibliográfica sobre a importância dos habitats não agrícolas e da composição da paisagem na manutenção de um desses serviços ecossistêmicos: o controle biológico de pragas. Outro ponto contemplado refere-se à biologia, comportamento e interações tróficas das principais espécies de insetos herbívoros, predadores e parasitoides, assim como de microrganismos entomopatogênicos comumente encontrados em plantações de trigo no sul do Brasil - cultura e região contemplados neste estudo. A segunda parte, por sua vez, relata um estudo de caso, cujo objetivo foi verificar os efeitos da composição da paisagem sobre a comunidade de sirfídeos. A escolha desse grupo como objeto de estudo partiu da importância desses insetos como agentes de controle biológico de pulgões, considerados pragas nas culturas de outono-inverno (milho-trigo). Além disso, pouco se sabe sobre a ecologia e comportamento das espécies de sirfídeo neotropicais.

Como hipótese de trabalho, espera-se que as plantações situadas em paisagens complexas, com altas porcentagens de habitats não agrícolas, apresentem maior abundância e riqueza de espécies de sirfídeo, comparativamente àquelas situadas em paisagens simplificadas e com poucos habitats não agrícolas disponíveis. Por fim, pretende-se que o estudo forneça informações sobre como a distribuição espacial dos habitats agrícolas e não agrícolas afeta as espécies de sirfídeo mais comuns nas paisagens do norte do Estado do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PAPEL ECOLÓGICO DOS REMANESCENTES DE HABITATS NÃO AGRÍCOLAS EM PAISAGENS AGRÍCOLAS

Em áreas agrícolas intensivamente manejadas, os cultivos anuais são dominantes na paisagem e, embora as plantações sejam percebidas diferentemente pelas espécies, todas contituem habitats efêmeros e submetidos a frequentes e intensos distúrbios como, por exemplo, a aplicação de agrotóxicos e a colheita (LANDIS; MARINO, 1999). Conseqüentemente, habitats agrícolas são ambientes hostis para muitas espécies, e a biodiversidade acaba se concentrando nos fragmentos de habitats não agrícolas e nas bordas das plantações (KLEIJN et al., 2001; MEEK et al., 2002). Isto também é verdade para muitas espécies de artrópodes, especialmente para os predadores e parasitoides de pragas agrícolas (KRUESS, 2003; SCHMIDT; TSCHARNTKE, 2005).

Os remanescentes de ecossistemas naturais em paisagens agrícolas compreendem as florestas, os campos naturais, as cercas vivas e os prados; que, frequentemente, abrigam um número significativo de espécies de pragas, tais como: pulgões, moscas e besouros fitófagos (DENYS; TSCHARNTKE, 2002). Entretanto, esses habitats abrigam também uma grande diversidade de inimigos naturais, que inclui: carabídeos (VARCHOLA; DUNN, 2001), estafilínídeos (MAUDSLEY et al., 2002), aranhas (SCHMIDT; TSCHARNTKE, 2005), coccinelídeos (GARDINER et al., 2009), sirfídeos (COWGILL et al., 1993), crisopídeos (SENGONCA et al., 2002), ácaros predadores (RIEUX et al., 1999), parasitoides (KRUESS; TSCHARNTKE, 1994), heterópteros predadores (NICHOLLS et al., 2001) e aves insetívoras (DIX et al., 1995).

Estudos desenvolvidos em regiões temperadas mostraram que a vegetação associada aos habitats florestais e de campos naturais suportam hospedeiros e presas alternativos para parasitoides e predadores. Landis e Menalled (1998), por exemplo, detectaram que os habitats não agrícolas adjacentes às plantações abrigam mais de 60% dos hospedeiros alternativos de parasitoides generalistas que controlam lagartas em plantações de milho, soja, trigo e alfafa. No Brasil, Demite e Feres (2005) verificaram que a espécie arbórea nativa *Celtis iguanea*, comum nas bordas dos fragmentos de Mata Atlântica, possui interação com ácaros predadores. Ainda, Fadini e colaboradores (2001) constataram aumento na diversidade e na abundância de inimigos naturais em vinhedos com terraços vegetados.

É fato que uma porção considerável de hospedeiros e presas alternativas alimenta-se nas árvores e arbustos existentes nos habitats não agrícolas adjacentes a campos cultivados (LANDIS; MENALLED, 1998). A presença desses fitófagos pode, portanto, contribuir com aumento das populações de predadores e parasitoides, o que resulta na melhora do controle de pragas (BIANCHI; VAN DER WERF, 2004; OSTMAN, 2004).

A vegetação dos habitats não agrícolas também atua como fonte de néctar e pólen, os quais são condições essenciais para muitas espécies (BUGG et al., 1998). Estudos também comprovaram que a longevidade e a fecundidade de inimigos naturais aumentam substancialmente quando as fontes de néctar e pólen estão disponíveis (SIEKMANN et al., 2001; WÄCKERS, 2001; COSTAMAGNA; LANDIS, 2004; LEE et al., 2004). Nesse sentido, a presença desses dois fatores talvez tenha um forte efeito na efetividade do controle de populações de pragas por inimigos naturais (TYLIANAKIS et al., 2004).

Importantes espécies de inimigos naturais, tais como crisopídeos, coccinelídeos, sirfídeos e parasitoides usam fontes de néctar dispersas nos arredores das plantações (HICKMAN; WRATTEN, 1996; FREEMAN LONG et al., 1998; NICHOLLS et al., 2001) onde eles suprimem as populações de pragas (WHITE et al., 1995; TYLIANAKIS et al., 2004). No entanto, os insetos são seletivos quanto ao uso de inflorescências de diferentes espécies de plantas (WÄCKERS, 2004). Assim, habitats não agrícolas, com alta diversidade de plantas, são fundamentais para a manutenção da diversidade de inimigos naturais (WÄCKERS, 2001). Nesse contexto, a quantidade e a diversidade de habitats não agrícolas, assim como, a composição florística dos mesmos, são importantes fatores para um potencial efeito supressivo de pragas em paisagens agrícolas.

Habitats florestais também fornecem um microclima mais ameno do que o centro das plantações (FORMAN; BAUDRY, 1984). Isto é de particular importância para espécies de inimigos naturais que possuem expectativa de vida curta em altas temperaturas (HAILEMICHAEL; SMITH, 1994). O microclima moderado, em combinação com a presença de fontes de néctar nas bordas das florestas, resulta em alta longevidade dessas espécies (DYER; LANDIS, 1996, 1997) e em altos níveis de supressão de pragas quando comparados ao centro dos campos agrícolas (LANDIS; HAAS, 1992).

Em regiões temperadas, cujo inverno é mais rigoroso, diversas espécies de inimigos naturais utilizam os habitats não agrícolas para hibernação e, posteriormente, colonizam as plantações nos arredores (CORBETT; ROSENHEIM, 1996), o que limita o crescimento de populações de pragas, sobretudo, quando estas ainda são pequenas (COLLINS et al., 2002).

Em resumo, a existência de habitats não agrícolas em paisagens agrícolas é fundamental para a manutenção da biodiversidade e seus serviços; e no caso do controle biológico de pragas, esses habitats fornecem importantes recursos, como fontes diversas de alimento, como pólen, néctar e hospedeiros, além de presas alternativas e abrigo em períodos de distúrbios nas áreas cultivadas (LANDIS et al., 2000; LARRIVEE et al., 2008).

## 2.2 EFEITOS DA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM SOBRE A COMUNIDADE DE INSETOS FITÓFAGOS E SEUS INIMIGOS NATURAIS

A seção anterior discorreu sobre as funções ecológicas dos habitats não agrícolas e o motivo pelos quais eles são fundamentais para a persistência das populações de inimigos naturais em paisagens agrícolas. A seguir, será abordada a relevância da composição da paisagem, ou seja, o modo como o arranjo espacial desses habitats em paisagens agrícolas afetam as interações entre as pragas e seus inimigos naturais.

Espécies de inimigos naturais de pragas agrícolas diferem em suas habilidades de dispersão, e seus impactos respondem à distribuição espacial dos habitats não agrícolas (TSCHARNTKE et al., 2005a). As espécies mais vageis, podem se beneficiar da proporção de habitats não agrícolas em escala de paisagem. A abundância de aranhas, por exemplo, relaciona-se à escala de vários quilômetros (SCHMIDT; TSCHARNTKE, 2005), entretanto, espécies de parasitoides partem de algumas centenas de metros a até dois quilômetros (KRUESS; TSCHARNTKE, 1994; THIES et al., 2005).

A distribuição espacial das plantações e dos habitats não agrícolas pode afetar o controle natural de pragas e, em escala local, muitos predadores generalistas tendem a migrar desses locais no início da temporada para recolonizar as plantações adjacentes (CORBETT; ROSENHEIM, 1996; PETERSEN, 1999). Paisagens complexas apresentam uma ampla interface entre habitats agrícolas e não agrícolas, e permite que os inimigos naturais colonizem as plantações de forma efetiva desde o início do período de crescimento (BIANCHI; VAN DER WERF, 2003). A chegada oportuna dos inimigos naturais nas plantações é considerada uma importante condição para um controle de pragas bem sucedido, pois as populações de pragas possuem um período de tempo curto para crescerem irrestritamente até atingirem um nível de controle (LANDIS; VAN DER WERF, 1997). Além disso, muitos dos inimigos naturais que se alimentam de néctar e de pólen, como vespas parasitoides, sirfídeos, coccinelídeos e crisopídeos, são mais abundantes próximos às bordas dos campos (NICHOLLS et al., 2001; TYLIANAKIS et al., 2004). Assim, a atividade dos

inimigos naturais parece ser mais intensa em paisagens complexas, cujos limites das áreas cultivadas se estendem até as bordas dos habitats não agrícolas.

Existem indicativos de que parasitoides e predadores atuem em escalas espaciais menores que seus hospedeiros e presas; são, portanto, mais suscetíveis à fragmentação e destruição de habitats (ZABEL; TSCHARNTKE, 1998; KRUESS; TSCHARNTKE, 2000; CRONIN, 2004). Nesse sentido, a abundância e diversidade de parasitoides, por exemplo, diminui com o aumento da distância dos habitats não agrícolas e leva à redução das taxas de parasitismo (KRUESS; TSCHARNTKE, 1994).

Quando comparadas a paisagens complexas, a conectividade entre os habitats não agrícolas geralmente é menor em paisagens simplificadas com menor conectividade entre habitats, e suportam comunidades empobrecidas de predadores e parasitoides (TSCHARNTKE et al., 2012). Nesse contexto, as paisagens simplificadas são menos resistentes a surtos de pragas, devido a ausência de inimigos naturais que controlam as populações de herbívoros (BIANCHI et al., 2006). Por outro lado, as paisagens complexas possuem um arranjo de habitats agrícolas e não agrícolas mais favorável à regulação das populações de pragas. Esses ambientes complexos se correlacionam positivamente com a proporção de habitats não agrícolas, pois as bordas das plantações geralmente são compostas por vegetação natural e seminatural (MENALLED et al., 1999). Krause e Poehling (1996) verificaram, por exemplo, que a taxa de oviposição de sirfídeos foi 1,6 vezes mais alta, e Thies e colaboradores (2003) detectaram taxas de parasitismo 10 vezes maiores em paisagens com estrutura complexa quando comparado àquelas simplificadas. Outras pesquisas registraram correlações positivas entre a assembleia de aranhas e a porcentagem de florestas e campos naturais na Alemanha (SCHMIDT et al., 2005). Thomson e Hoffmann (2010), por sua vez, verificaram que a abundância de inimigos naturais (predadores e parasitoides) aumentou significativamente em vinhedos situados próximos a fragmentos florestais e terraços vegetados na Austrália.

Em síntese, diversas evidências reforçam a teoria de que a complexidade da paisagem, e a presença e/ou ausência de habitats não agrícolas, em escala local, são fatores determinantes na persistência da biodiversidade e na manutenção de serviços ecossistêmicos. A escala espacial e a distribuição dos campos agrícolas e dos habitats não agrícolas na paisagem pode influenciar no controle natural de pragas por meio de múltiplos mecanismos. A diversidade e densidade das populações de inimigos naturais, assim como, o tempo de colonização das plantações declina com o aumento da distância entre os habitats não agrícolas e os campos agrícolas. Além disso, paisagens diversificadas fornecem melhores condições

para a persistência de organismos benéficos, como os inimigos naturais de pragas agrícolas e polinizadores, quando confrontadas a paisagens simplificadas, dominadas por extensas e efêmeras monoculturas.

### 2.3 EFEITOS DA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM SOBRE OS PADRÕES E PROCESSOS DA BIODIVERSIDADE: PRINCIPAIS HIPÓTESES

Com base nas evidências apresentadas nos tópicos anteriores, os principais grupos internacionais de pesquisa dedicados ao tema desenvolveram e testaram hipóteses. Elas foram criadas com a finalidade de explicar como a composição e a configuração da paisagem podem determinar a estrutura das comunidades ecológicas, assim como o funcionamento e os serviços dos ecossistemas. Segundo Tschardtke e colaboradores (2012), dentre estas hipóteses, seis merecem destaque devido ao fato de terem sido amplamente testadas e corroboradas em diversas partes do mundo.

1) Hipótese da dominância da diversidade Beta - sugere que a estrutura da comunidade local não é moderada pelas interações bióticas e abióticas em escala local, mas sim em escala regional. Ou seja, a diversidade de espécies em escala local (diversidade Alfa) é ajustada por eventos de migração, colonização e estabelecimento de propágulos oriundos do *pool* de espécies regional (diversidade Beta). Ela supera, portanto, os efeitos negativos do processo de fragmentação que ocorrem em escala local (GASTON, 2000).

2) Hipótese do deslocamento entre habitats - indica a existência de um fluxo de energia, recursos e organismos dentro e entre os habitats, incluindo os manejados e os não agrícolas. Esses fluxos dependem do tipo da matriz, da similaridade e conectividade entre os diferentes habitats, além da capacidade de movimento (dispersão e forrageamento) das espécies (EWERS; DIDHAM, 2008; TSCHARNTKE et al., 2012).

3) Hipótese da paisagem como elemento moderador de grupos funcionais - revela que as mudanças ambientais, como a destruição, a fragmentação de habitats e a simplificação da paisagem, altera a estrutura das comunidades de modo a selecionar e eliminar grupos funcionais (SWIFT; HANNON, 2010). Assim, enquanto espécies especializadas, raras ou endêmicas tendem a se tornar extintas após a ocorrência de tais mudanças ambientais, espécies generalistas, com grande capacidade de adaptação e dispersão, tendem a se tornarem dominantes.

4) Hipótese de segurança - menciona que a complexidade da paisagem fornece recursos de forma contínua no espaço e no tempo, o que resulta na resiliência e

estabilidade de processos ecológicos em ambientes periodicamente perturbados ou em constante mudança (YACHI; LOREAU, 1999). Desse modo, considerando que os recursos variam no tempo e espaço, essa hipótese confirma que, em paisagens complexas e com alta diversidade de habitats, as espécies são capazes de persistir e completar suas necessidades de dispersão e forrageamento em diferentes áreas que fornecem recursos nas variadas épocas do ano.

5) Hipótese da paisagem com complexidade intermediária - indica que a adoção de práticas conservacionistas, cujo objetivo é incrementar os serviços ecossistêmicos, como a polinização e o controle biológico de pragas, é mais eficiente em paisagens com complexidade intermediária (TSCHARNTKE et al., 2005b). Assim, medidas como o plantio de cordões vegetados e a adoção de agricultura orgânica, por exemplo, são mais efetivas nessas áreas (BATÁRY et al., 2010). Embora apresentem um *pool* de espécies reduzido, elas são capazes de se recuperar com um incremento na oferta de recursos e na conectividade entre os habitats não agrícolas. Os efeitos de tais ações não são visíveis em paisagem complexas, pois a diversidade e a densidade de espécies são altas em toda a área. Já em paisagens simplificadas, seus efeitos não são visíveis porque o *pool* regional de espécies é muito reduzido e não é capaz de responder a esses estímulos.

6) Hipótese da paisagem como elemento moderador da biodiversidade versus serviços ecossistêmicos - sugere um *trade off* entre conservação da biodiversidade e incremento de serviços ecossistêmicos. Assim, vários fragmentos de habitat naturais, de tamanho reduzido, são excelentes para aumentar a densidade de polinizadores e inimigos naturais capazes de forragear a matriz agrícola (TSCHARNTKE et al., 2002). Por outro lado, em paisagens agrícolas, poucos fragmentos de tamanho grande são melhores para a conservação de espécies ameaçadas de extinção, já que são sensíveis à matriz e dependem de extensas áreas de um único tipo de habitat.

#### 2.4 INTERAÇÕES TRÓFICAS EM PLANTAÇÕES DE TRIGO NO SUL DO BRASIL

O trigo é uma gramínea originária do Oriente Médio, pertence ao gênero *Triticum* sp. L (Poaceae) e, dentre as diversas espécies, destaca-se o *Triticum aestivum* L., por ser o mais cultivado em todo o mundo (IAPAR, 1997).

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, a produção brasileira de trigo projetada para 2012/2013 foi de 4,3 milhões de toneladas, para um consumo de 10,5 milhões de toneladas no mesmo ano. Atualmente, a

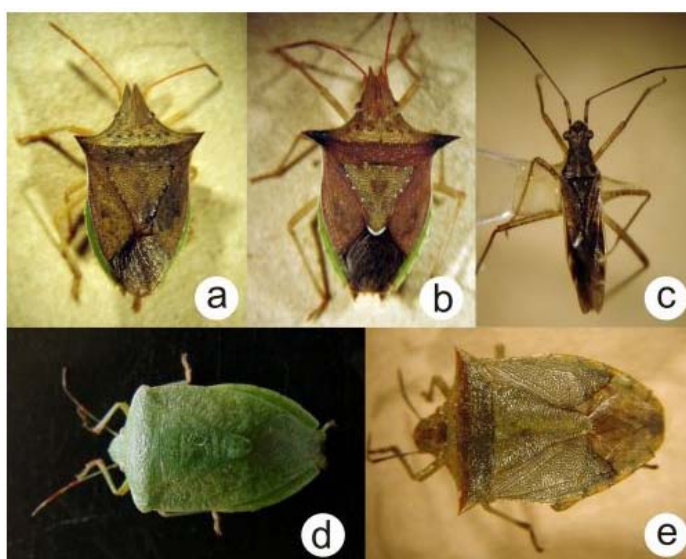
produção de trigo no país concentra-se na região Sul, nos estados do Paraná (43,2%) e do Rio Grande do Sul (47,4%). A participação de outros estados é da ordem de 9,4%, entretanto, essa participação tem sido crescente, especialmente para Minas Gerais e Goiás (MAPA, 2013).

O trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes de alimentos consumidos pelo homem. Ele possui o glúten que é uma proteína não encontrada em outros grãos, o que faz dele um componente importante na dieta humana. Seus derivados, como as farinhas (branca e integral) e o trigoilho são, portanto, de grande utilidade, já que são inclusas no preparo de massas em geral (EMBRAPA, 1996). Além disso, o farelo de trigo (subproduto da obtenção da farinha branca) contribui para o bom funcionamento do aparelho digestivo e previne, assim, problemas de saúde (EMBRAPA, 1996).

A cultura do trigo apresenta uma comunidade de artrópodes relativamente complexa e composta por dezenas de espécies de insetos fitófagos. Entretanto, apenas uma minoria (pulgões, percevejos, lagartas e corós) ocorre em quantidade e frequência capazes de causar algum dano econômico (SALVADORI; TONET, 2001).

Dentre as espécies de percevejos consideradas pragas importantes no trigo, merecem destaque: *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775) e *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (percevejos-barriga-verde), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (percevejo-verde), *Thyanta perditor* (Fabricius, 1794) (percevejo-do-trigo) e *Collaria scenica* (Stal, 1859) (percevejo-raspador ou percevejo-do-capim), todos pertencentes à ordem Hemiptera, família Pentatomidae, exceto *C. scenica*, incluso na família Miridae (Figura 1).

**Figura 1** – Percevejos. a) *Dichelops furcatus*, b) *Dichelops melacanthus*, c) *Collaria scenica*; d) *Nezara viridula* e *Thyanta perditor*.



Fonte: EMBRAPA Trigo.

Os percevejos são considerados de difícil controle, embora exista uma ampla gama de predadores e parasitoides que podem conter suas populações; em especial *Trissolcus basalus* (Wallaston) e *Telenomus podisi* (Ashmead) ambos parasitoides da ordem Hymenoptera, família Scelionidae (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Sobre isso, Medeiros e colaboradores (1997) registraram uma taxa de parasitismo de ovos de *Euschistus heros* de 36% para *T. basalus* e de 88% para *T. podisi*.

Outros fitófagos considerados pragas-chaves em plantações de trigo são as lagartas pertencentes à família Noctuidae, principalmente as espécies: *Pseudaletia sequax* (Franclemont, 1951) (lagarta-do-trigo), *Pseudaletia adultera* (Schaus, 1894) (lagarta-dos-cereais) e *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (lagarta-militar) (SALVADORI; TONET, 2001) (Figura 2).

**Figura 2** – Lagartas. a) Lagarta-do-trigo, *Pseudaletia sequax* (adulto); b) Lagarta-do-trigo, *Pseudaletia sequax* (larva); c) Lagarta-militar, *Spodoptera frugiperda*.



Fonte: EMBRAPA trigo.

A lagarta-do-trigo (*P. sequax*) e a lagarta-dos-cereais (*P. adultera*) são semelhantes, tanto na morfologia externa como nos hábitos e na capacidade de causar danos ao trigo, de tal modo que são facilmente confundidas e tratadas como se fossem uma única espécie (SALVADORI et al., 2009). As pupas ocorrem no solo, em pouca profundidade ou, até mesmo, sob restos culturais. Os adultos sobrevivem na forma de mariposas de coloração palha com manchas características nas asas. Durante as horas mais quentes do dia ambas as espécies se abrigam junto ao colo da planta ou em outros refúgios; saem no período noturno à procura de alimento. Essas lagartas sofrem cinco ecdises, passando, portanto, por seis instares para completar seu crescimento. Vale ressaltar que o quinto estágio é o mais prejudicial para a cultura, pois há o aumento significativo no consumo da mesma.

A lagarta militar (*Spodoptera frugiperda*) apresenta comportamento semelhante à lagarta-do-trigo e dos cereais, abrigando-se no solo nas horas mais quentes do dia e agindo mais intensamente à noite (SALVADORI; TONET, 2001). A espécie ocorre em focos e apresenta hábitos migratórios, causando danos em manchas da lavoura, cuja tendência

é aumentar na medida em que as plântulas são destruídas. Devido ao hábito de canibalismo, é comum encontrar somente uma lagarta por planta. Geralmente, a lagarta-militar ocorre no início do desenvolvimento da cultura de trigo, desde a emergência até o perfilhamento, consumindo folhas e plântulas, o que provoca atrasos no desenvolvimento e redução na população de plantas (SALVADORI et al., 2009).

Assim como no caso dos percevejos, existe um grande número de espécies de predadores e parasitoides que se alimentam de lagartas. Merecem ênfase os predadores pertencentes às famílias: Forficulidae (Dermaptera), Reduviidae (Hemiptera), Vespidae (Hymenoptera), Carabidae (Coleoptera); e os parasitoides pertencentes às famílias Tachinidae (Diptera), Ichneumonidae, Braconidae, Encyrtidae e Scelionidae, todos pertencentes a ordem Hymenoptera. Além disso, entomopatógenos, como o vírus Baculovírus, a bactéria *Bacillus thuringiensis* e os fungos pertencentes aos gêneros *Beauveria* e *Nomuraea* também são importantes agentes de controle biológico.

Os corós (Coleoptera, Melolonthidae) também são considerados pragas importantes na cultura do trigo. As espécies associadas ao trigo são nativas e sua importância econômica cresceu a partir dos anos 80 com a adoção do plantio direto (SALVADORI, 2000). Entre as espécies de coró, *Diloboderus abderus* (Sturm, 1826) e *Phyllophaga triticophaga* (Morón; Salvadori, 1998) são as mais importantes para a cultura do trigo (Figura 3). Eles se alimentam na fase larval com o consumo de sementes, raízes e plantas que puxam para dentro do solo, após consumirem o sistema radicular. Um único coró, especialmente as larvas do terceiro ínstar, em atividade plena e tamanho máximo, é capaz de consumir cerca de duas plântulas de trigo em uma semana (SALVADORI, 2000).

**Figura 3** – Corós. a) *Diloboderus abderus* (Coró-das-pastagens, adulto macho e larva); b) *Phyllophaga triticophaga* (Coró-do-trigo, adulto e larva). Escala = 1 cm.



**Fonte:** EMBRAPA trigo.

A adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o plantio direto, favorece a sobrevivência dos corós e contribui, portanto, com o aumento da incidência

desses indivíduos. Os danos dos corós na cultura do trigo são potencialmente grandes e resultam na morte das plantas, sobretudo, nas fases de emergência e de perfilhamento. Além disso, as plantas que sobrevivem apresentam acentuada redução na capacidade de produção.

O fato dos corós passarem grande parte do ciclo de vida sob o solo faz com que microrganismos entomopatógenos, como fungos e bactérias, constituam os mais importantes agentes de controle biológico natural. Em geral, o solo é um reservatório natural desses agentes, pois nele encontram condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento, como umidade e proteção contra radiação solar (MENEZES JÚNIOR; PASINI, 2001). As epizootias causadas por fungos, por exemplo, têm sido a principal causa do colapso de corós em trigo. Dentre as espécies, os fungos *Beauveria bassiana*, *Cordyceps* sp. e *Metarhizium anisopliae* são as mais comuns (SALVADORI, 2000); as bactérias *Bacillus* sp. e *Serratia marcescens*, bem como, protozoários e nematoides, têm sido encontrados em corós que morrem naturalmente (GASSEN; JACKSON, 1992). Além disso, em larvas de *D. abderus*, constatou-se a mortalidade de 87,3%, sendo 77,7 % devido aos fungos *Cordyceps* sp. e *M. anisopliae* e o restante à bactérias (SALVADORI; TONET, 2001).

Outro grupo de pragas consideradas chave na cultura de trigo é o dos pulgões. Segundo Salvadori e Tonet (2001), os pulgões ou afídeos (Hemiptera; Aphididae), são pequenos insetos sugadores (1,5 a 3,0 mm) com corpo mole e piriforme, antenas longas, aparelho bucal do tipo picador-sugador e desenvolvimento paurometabólico. Ademais, são prolíficos e se reproduzem por viviparidade e partenogênese telítica em climas mais quentes.

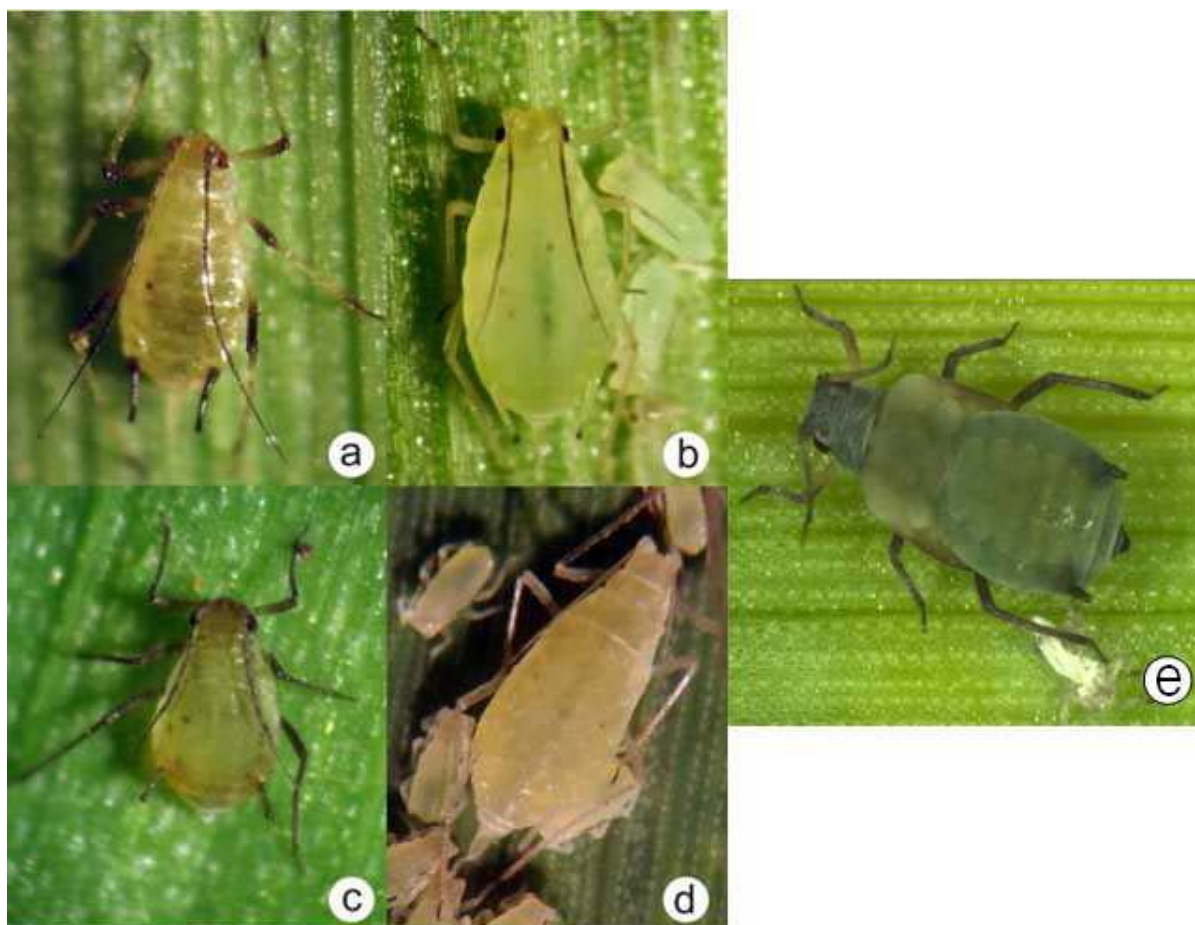
Os pulgões vivem em colônias formadas por indivíduos alados, ápteros e ninfas de diferentes tamanhos. Elas são fundadas por fêmeas aladas que se reproduzem por partenogênese ou acasalamento. Os pulgões apresentam ciclo de vida rápido, que pode completar uma geração a cada semana e originar 10 ninfas/fêmea/dia. As condições ambientais ótimas para o seu desenvolvimento e reprodução ocorrem em períodos de pouca chuva e temperatura entre 18 e 25 °C; abaixo deste limiar pode ocorrer o aumento da duração do ciclo de vida e diminuição da multiplicação dos indivíduos.

Esses insetos são responsáveis por danos diretos, causados pela sucção da seiva, e danos indiretos, com a transmissão de viroses, como o Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada (VNAC) (SALVADORI; TONET, 2001). O VNAC pode ocasionar nanismo de plantas que passam a apresentar folhas menores de coloração amarela com bordas arroxeadas (SALVADORI; TONET, 2001).

Atualmente, as principais espécies de pulgões que ocorrem no trigo são exóticas e originárias da Europa e Ásia, as quais merecem ênfase: *Schizaphis graminum*

(Rondani, 1952) (pulgão-verde-dos-cereais), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (pulgão-da-aveia), *Rhopalosiphum maydis* (Fitch, 1856) (pulgão-do-milho), *Sitobion avenae* (Fabricius, 1794) (pulgão-da-espiga) e *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1849) (pulgão-da-folha-do-trigo) (Figura 4).

**Figura 4** – Pulgões. a) *Sitobion avenae*; b) *Schizaphis graminum*; c) *Rhopalosiphum padi*; d) *Metopolophium dirhodum*; e) *Rhopalosiphum maydis*.



Fonte: EMBRAPA trigo.

O pulgão-verde-dos-cereais (*S. graminum*) possui corpo que varia de 1,5 a 2,0 mm, cor verde-claro, estria longitudinal mais escura no dorso. As antenas são verdes na base e castanha no restante com comprimento que não atingem a base dos sifúnculos. A espécie ocorre principalmente logo após a emergência do trigo e à medida que a planta cresce, estabelece-se no colmo durante o perfilhamento. Essa espécie provoca um dano adicional, causado pela toxidez da saliva, que resulta em manchas cloróticas que podem evoluir para necrose e, conseqüentemente, ao secamento das folhas e à morte das plântulas (GOELLNER, 2002).

O pulgão-da-aveia (*R. padi*) tem corpo de coloração verde-oliva-acastanhado, com áreas castanho-avermelhadas ao redor e entre as bases dos sífúnculos. Suas antenas são curtas, verde-acastanhadas e apresentam seis segmentos com comprimento maior que a metade da medida do corpo, que geralmente não atingem a base dos sífúnculos (verde-acastanhados e curtos com codícola castanha) (GOELLNER, 2002). Essa espécie acomete o colmo e as folhas da planta, principalmente durante sua emergência e perfilhamento.

Outra espécie que merece destaque, o pulgão-do-milho (*R. maidis*), apresenta coloração verde-azulada, por vezes quase preta, com manchas mais escuras ao redor da base dos sífúnculos e cerdas curtas no dorso do abdômen. Suas antenas são pardas e curtas com comprimento menor que a metade do comprimento do corpo; as pernas, sífúnculo e codícola são de coloração preta (GOELLNER, 2002). Essa espécie ataca folhas e colmos que ficam cloróticas, encarquilhadas e enroladas, com manchas marrom-amareladas recobertas por *honeydew*, que cria condições para o desenvolvimento de fumagina que reveste o limbo foliar, prejudicando a atividade fotossintética (GAHUKAR, 1993).

Já o pulgão-da-espiga (*S. avenae*) é característico por sua coloração escura, mas com mudanças de coloração, frequentemente, entre verde e marrom-avermelhada. A espécie ocorre durante a fase de emborrachamento, com grãos leitosos, o que leva à deformação dos mesmos (SALVADORI; TONET, 2001).

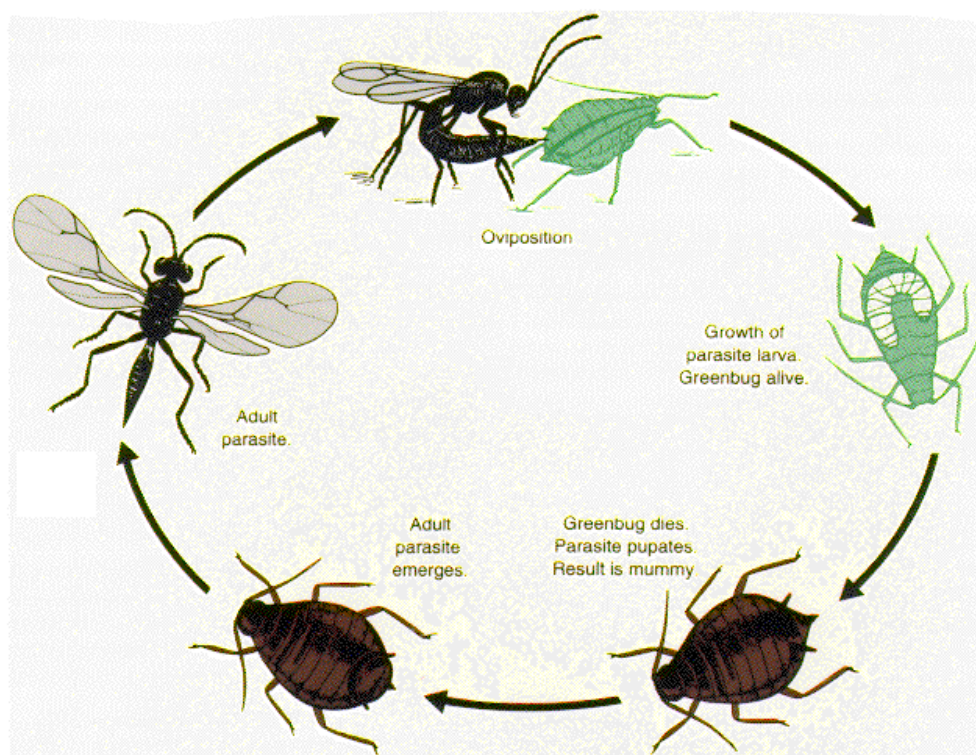
O pulgão-da-folha (*M. dirhodum*) tem corpo alongado, entre 2,0 e 3,0 mm de comprimento, com coloração amarelo-esverdeada e uma estria verde longitudinal pouco definida no dorso do abdômen; suas antenas ultrapassam a base dos sífúnculos. É uma espécie que causa maiores prejuízos no período compreendido desde a germinação até antes do espigamento. Além disso, esses pulgões provocam o amarelamento da superfície foliar, a ponto de poder dar origem a plantas raquíticas ou, até mesmo, levar à morte (SALVADORI; TONET, 2001).

Em síntese, os pulgões, tanto as ninfas quanto os adultos, se alimentam da seiva do trigo - cultura suscetível ao dano desde a emergência até o grão em massa. Os danos dos pulgões podem ser de forma direta (sucção da seiva) ou indireta (transmissão de viroses, como o VNAC) e ambas resultam na diminuição do tamanho, número e peso dos grãos (SALVADORI; TONET, 2001).

Os inimigos naturais mais importantes no controle de pulgões são fungos entomopatógenos e, principalmente, insetos predadores e parasitoides. De acordo com Salvadore e Tonet (2001), o controle biológico é uma das formas mais eficientes de contenção. No Brasil, ele foi impulsionado por meio de um programa, iniciado em 1978,

responsável pela introdução 14 espécies de microhimenópteros parasitoides e duas espécies de joaninhas predadoras. Os parasitoides primários dos afídeos estão restritos a dois taxons de Hymenoptera: subfamília Aphidiinae (Braconidae) e gênero *Aphelinus* (Aphelinidae) (MÉJIAS et al., 2010). Os Aphidiíneos são endoparasitoides pequenos com tamanho que varia de 1 a 3,8 mm (STARÝ et al., 2007), distribuídos em mais de 55 gêneros e aproximadamente 400 espécies (RAKSHANI et al., 2007). Eles são parasitoides endógenos, ou seja, fazem a postura no interior do corpo de pulgões e, uma vez dentro do corpo do hospedeiro, as larvas (até o terceiro ínstar) alimentam-se por osmose, exceto no terceiro (e último) ínstar, quando se alimentam de tecidos do hospedeiro e passam à posterior fase de pupa (BUENO, 2000). Mesmo que a larva não complete o seu desenvolvimento, ela ocasiona a morte do afídeo (STARÝ et al., 2007). O pulgão morto pelas vespas é denominado “múmia”, devido o seu aspecto pálido (KRING; KRING, 1988) (Figura 5).

**Figura 5** – Ciclo de vida dos parasitoides afidófagos.



Fonte: <http://www.entomology.wisc.edu/mbcn/kyf209.html>

A fase adulta dos parasitoides é relativamente curta; em média, cinco a oito dias, e depende da espécie e do hospedeiro (RODRIGUES et al., 2003). A eficiência desses inimigos naturais deve-se à sua capacidade de postura, que em campo podem parasitar até 300 pulgões (SALVADORI; SALLES, 2002). Das 14 espécies introduzidas pelo programa, sete

são pertencentes à família Braconidae, subfamília Aphidiinae: *Aphidius ervi*, *A. rhopalosiphi*, *A. uzbekistanicus*, *Ephedrus plagiator*, *Praon gallicum*, *P. volucre* e *Lysiphlebus testaceipes* e uma pertencente à família Aphelinidae, *Aphelinus asychis* (GASSEN, 1999). Além das espécies de Aphidiinae mencionadas acima, também merecem destaque as espécies: *Aphidius colemani*, *Aphidius rosae* e *Aphidius salicis* (STARÝ et al., 2007).

Segundo Salvadore e Tonet (2001), algumas espécies de parasitoides introduzidas se adaptaram e passaram a se reproduzir no novo ambiente, de modo a alterar a situação de desequilíbrio caracterizada pelos constantes surtos de pulgões. As populações de *M. dirhodum* e de *S. avenae* e de seus inimigos naturais se reequilibraram, reacomodando-se em níveis tais que a utilização de inseticidas para o controle dessas espécies foi reduzido significativamente. Esta situação persiste até hoje, todavia, devido à difícil detecção do controle natural, o uso de inseticidas não foi totalmente abolido. Entretanto, seu uso passou a ser de caráter emergencial e não mais preventivo.

Os danos ocasionados pelos pulgões também podem ser reduzidos pelas epizootias das doenças fúngicas. Os fungos entomopatógenos são dispersos na forma de conídios ou fragmentos de hifas (propágulos viáveis). A disseminação do fungo, assim como, sua exteriorização sobre o cadáver infectado depende de fatores climáticos como vento e chuva (FRANCA et al., 2006).

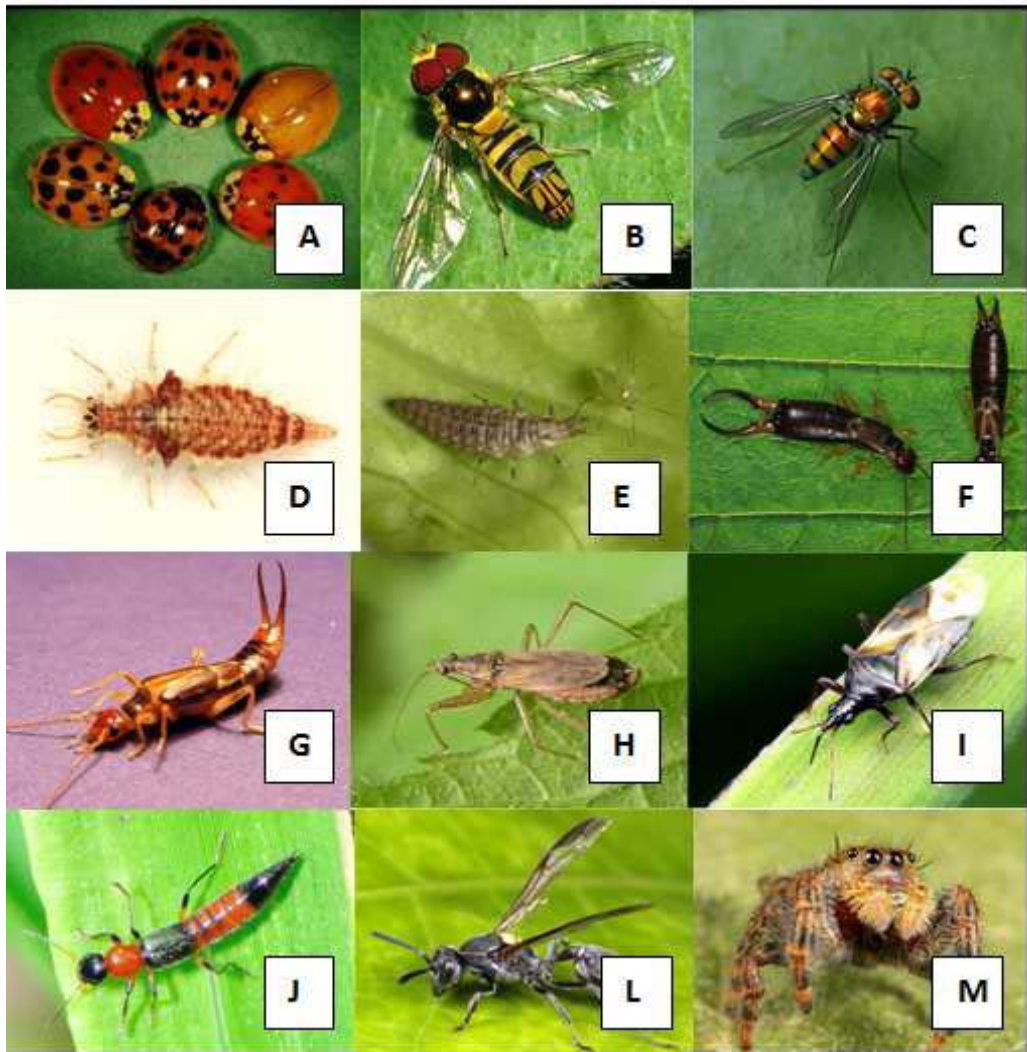
A eficiência de fungos entomopatógenos como agentes de controle biológico de afídeos é destacada por diversos autores: *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (LOUREIRO; MOINO JR, 2006); *Verticillium lecanii* (STEENBERG; HUMBER, 1999); *Conidiobolos obscurus* (ZHANG et al., 2007); *Entomophthora planchoniana* (FREIMOSER et al., 2001). No Brasil, os principais fungos entomopatógenos utilizados como agente de controle biológico de pulgões são *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (LOUREIRO; MOINO JR, 2006).

#### 2.4.1 Artrópodes Predadores

Os pulgões também são atacados por uma variedade de insetos predadores (VAZ et al., 2004), destacando-se: as joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae); as larvas ou adultos de moscas afidófagas (Diptera: Syrphidae e Dolichopodidae); as larvas predadoras (Neuroptera: Chrysopidae e Hemerobiidae). Além desses, pode-se destacar outros predadores de menor expressão, como os dermápteros, das famílias Forficulidae e Labirudidae;

hemípteros, das famílias Nabidae e Anthocoridae; e predadores generalistas, como estafilínídeos, vespas e aranhas (Figura 5).

**Figura 6** – Espécies de predadores pertencentes às famílias: A) Coccinellidae; B) Syrphidae; C) Dolichopodidae; D) larva de Chrysopidae; E) Larva de Hemerobiidae; F) Forficulidae; G) Labirudidae; H) Nabidae; I) Anthocoridae; J) Staphylinidae; L) Vespidae e a ordem M) Araneae .



As joaninhas (Coccinellidae, Coleoptera) são pequenos insetos de corpo geralmente oval ou arredondado, com forte convexidade dorsal. Elas são facilmente reconhecidas pela variedade de cores (MILLÉO et al., 2007). A família Coccinellidae compreende cerca de 5.000 espécies conhecidas, cuja maioria predas hemípteros, tais como pulgões e cochonilhas. Esse grupo apresenta, portanto, alto potencial para controle biológico (GORDON, 1985). Dentre as eficientes predadoras de pulgões, vale destacar: *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville, 1842) (EIGENBRODE et al., 1998); *Coccinella setempunctata* (Linnaeus, 1758) (ZHU; PARK, 2005); *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763)

(MORALES; BURANDT, 1985); *Eriopis connexa* (SARMENTO et al., 2007); *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (KOCH, 2003); *Coccinellina pulchella* (Klug, 1829) (GASSEN, 2001); *Coccinellina ancoralis* Germar, 1824 (MENDES et al., 2000); e *Coleomegilla quadrifasciata* (Schönherr, 1808) (MILLÉO et al., 2007).

As larvas das espécies pertencentes às famílias Chrysopidae e Hemerobiidae (Neuroptera) também são predadores importantes em vários agroecossistemas e exercem papel essencial no controle biológico natural de vários artrópodes-praga, entre eles os afídeos (ADAMS; PENNY, 1985). Enquanto as larvas são exclusivamente predadoras, os adultos se alimentam de néctar e pólen. Dessa forma, na cultura do trigo, esses predadores ocorrem preferencialmente a partir do estágio de floração, devido à disponibilidade de pólen e néctar. Estudos apontam que as larvas desses neurópteros são predadores vorazes de pulgões, tais como: *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 (SILVA MAIA et al., 2000); *Micromus sp* e *Hemerobius sp* (NEW, 1988); *Micromus numerosus* Navás, 1910, *Micromus angulatus* (Stephens, 1836) e *Micromus Linearis* Hagen, 1858 (SATO; TAKADA, 2004).

A família Syrphidae possui ocorrência mundial e compreende mais de 6000 espécies, com três subfamílias e 202 gêneros. Desse total, aproximadamente 2000 espécies pertencentes a 60 gêneros ocorrem na região Neotropical (THOMPSON et al., 2010). Ao contrário dos adultos que se alimentam de pólen e néctar, as larvas desses insetos apresentam hábitos alimentares variados e incluem fitófagos, micófagos, saprófagos, filtradores (aquáticos), coprófagos, mirmecófagos e zoófagos (THOMPSON 1969; SOMMAGGIO, 1999; STÅHLS et al., 2003). A maioria dessas guildas é extremamente especializada em um ou poucos micro-habitats que não são encontrados nos agroecossistemas (SPEIGHT, 2006; SCHWEIGER et al., 2007; MEYER et al., 2009). Nas paisagens agrícolas da Europa, os fragmentos florestais são considerados os habitats mais importantes para a maior parte das espécies de sirfídeo, devido à alta diversidade de micro-habitats (SPEIGHT, 2006).

Entre os diversos serviços ecossistêmicos fornecido pelos sirfídeos merece destaque a polinização (BERNHARDT; EDENS, 2004) e o controle biológico de pragas agrícolas (TENHUMBERG, 1995). Em paisagens agrícolas, por exemplo, os adultos de várias espécies afidófagas migram para os campos de cereais, onde as fêmeas realizam a oviposição; entretanto, a postura é feita apenas na presença da presa (SADEGHI; GILBERT, 2000; BELLIURE; MICHAUD, 2001). Se suas larvas eclodem no início do crescimento das populações de pulgões, elas são capazes de prevenir surtos dessa praga (TENHUMBERG; POEHLING 1995). Ademais, pesquisas conduzidas em laboratório verificaram que as larvas de várias espécies de sirfídeo são vorazes e tem grande impacto sobre as populações de

pulgões. Sobre isso, foi relatado, por exemplo, que o número máximo de pulgões consumidos pela espécie *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) variou entre 140 e 1322 indivíduos no terceiro ínstar, dependendo da temperatura e da espécie de pulgão (ANKERSMIT et al., 1986). As larvas de espécies predadoras se alimentam com a introdução do aparelho bucal no interior do corpo da presa e extração de substâncias líquidas, enquanto os adultos possuem adaptações fisiológicas para retirada de néctar e pólen das flores (COLLEY; LUNA, 2000). Estes alimentos fornecem a energia necessária ao voo, e a proteína para a maturação sexual, o sucesso reprodutivo, produção de ovos e aumento de longevidade (GILBERT, 1986; HASLETT, 1989; HICKMAN et al., 1995).

Vale destacar ainda que a dieta dos sirfídeos é associada ao tamanho do corpo (GILBERT, 1985). Espécies de maior tamanho se alimentam principalmente de néctar, enquanto que espécies menores se alimentam mais de pólen (GILBERT, 1985). Outra fonte importante de alimento para as espécies nectarívoras é o *honeydew* excretado pelos afídeos (HOGERVORST et al., 2007; BELLIURE; MICHAUD, 2001). O *honeydew* também é utilizado pelas fêmeas de sirfídeos afidófagos para encontrar as colônias, depositar seus ovos e garantir fonte de alimento abundante para sua prole (BELLIURE; MICHAUD, 2001). A detecção de substâncias açucaradas parece ser realizada mais pelas cerdas gustativas do aparelho bucal do que pelas antenas (HOOD HENDERSON; WELLINGTON, 1982). Sobre isso, Hood Henderson (1982) relata que duas espécies de sirfídeo afidófagas, *Eupeodes fumipennis* (Thomson, 1869) e *Eupeodes Volucris* (Osten-Sacken, 1877), são sensíveis aos componentes do *honeydew* produzido pelos pulgões, como a sacarose, o triptofano e a alanina, e fazem a oviposição em locais onde tais substâncias foram detectadas. Já em espécies não afidófagas, como *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758), os adultos possuem cerdas gustativas com células receptoras que detectam apenas soluções de sacarose (WACHT et al., 1996). Desse modo, estas espécies possuem a capacidade de detectar fontes potenciais de açúcar.

Entre os 60 gêneros de sirfídeos de ocorrência neotropical dez possuem espécies predadoras: *Allograpta* Osten-Sacken, 1875; *Toxomerus* Macquart, 1855; *Pseudodoros* Becker, 1903; *Syrphus* Fabricius, 1775; *Ocyptamus* Macquart, 1834; *Salpingogaster* Schiner, 1868; *Leucopodella* Hull, 1949; *Argentinomyia* Lynch-Arribalzaga, 1891; *Xanthandrus* Verral, 1901 e *Fazia* Shannon, 1927.

No sul do Brasil as espécies de sirfídeo mais abundantes encontradas na cultura do trigo são as pertencentes ao gênero *Allograpta* principalmente *Allograpta exotica* (Wiedemann, 1830) e *Pseudodoros clavatus* (Fabricius, 1794), além de espécies do gênero

*Toxomerus* (GASSEN, 1999). Ademais, estudos comprovam a eficiência desses predadores como inimigos naturais de pulgões: *P. clavatus* (BELLIURE; MICHAUD, 2001); *A. exotica* (Gassen, 1986); *Allograpta obliqua* (Say, 1823) (PIMENTA; SMITH, 1976); *Toxomerus dispar* (Fabricius, 1794) (ZUNIGA, 1982); *Toxomerus watsoni* (Curran, 1930) (MENDES et al 2000). Por exemplo Michaud e Browning (1999) verificaram que uma larva de *P. clavatus* é capaz de se alimentar de oito pulgões adultos e 50 ninfas ao longo da fase larval.

A manutenção e o incremento das populações de inimigos naturais dentro dos agroecossistemas, sobretudo das espécies que em algum momento se alimentam de néctar e pólen - como os sirfídeos, dependem das práticas de manejo agrícola e da disponibilidade e conservação de habitats não agrícolas na paisagem. Assim, a existência de habitats, tais como florestas, campos naturais e várzeas, garante não apenas a manutenção do controle biológico de pragas agrícolas, mas também a sustentação de outros serviços ecossistêmicos.

### **3 EFEITO DA PAISAGEM SOBRE A OCORRÊNCIA DE SIRFÍDEOS EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO NORTE DO PARANÁ**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A família Syrphidae possui ocorrência mundial e compreende mais de 6000 espécies, com três subfamílias e 202 gêneros. Desse total, aproximadamente 2000 espécies pertencem a 60 gêneros e ocorrem na região Neotropical (THOMPSON et al., 2010). Os sirfídeos fornecem importantes serviços ecossistêmicos merecendo destaque os seguintes: os adultos são polinizadores (SUGIURA, 1996; VANCE et al., 2004), as larvas de várias espécies são afidófagas e, reconhecidamente, agentes de controle biológico de pulgões de importância agrícola (TENHUMBERG, 1995; TENHUMBERG; POEHLING, 1995).

Entretanto, pouco se sabe sobre o comportamento, potencial de dispersão e preferências alimentares e de habitat da maioria das espécies de sirfídeo neotropicais (ROTHERAY et al., 2000; PÉREZ-BAÑÓN et al., 2003; MENGUAL et al., 2012). Os efeitos da intensificação agrícola e da consequente simplificação da paisagem sobre a comunidade de sirfídeos ainda são desconhecidos na região.

Apesar da falta de informação para a região Neotropical, estudos conduzidos na Europa evidenciaram que paisagens complexas suportam maior abundância e riqueza de espécies de sirfídeo quando comparadas às simplificadas e com poucos habitats não agrícolas disponíveis (KLEIJN; VAN LANGEVELDE, 2006; BURGIO; SOMMAGGIO 2007; HENDRICKX et al., 2007; MEYER et al., 2009). A complexidade da paisagem é particularmente importante para a comunidade de sirfídeos devido sua ampla diversidade de guildas tróficas com alto nível de especialização alimentar e de habitat (SPEIGHT, 2006; SCHWEIGER et al., 2007; MEYER et al., 2009).

De modo geral, os habitats não agrícolas existentes em paisagens agrícolas são fundamentais para a persistência da biodiversidade e manutenção de seus serviços, como a polinização e o controle biológico de pragas (TSCHARNTKE et al., 2005a; BIANCHI et al., 2006; MEEHAN et al., 2011). Eles fornecem recursos alimentares, abrigo e local de reprodução e hibernação para a biodiversidade, sobretudo em períodos críticos, como da aplicação de agrotóxicos e da colheita (ALTIERI, 1999). Neste contexto, a distribuição espacial das plantações e dos habitats não agrícolas em diferentes escalas espaciais é um fator importante na movimentação das espécies que migram periodicamente dos habitats não agrícolas no início da temporada para recolonizar as plantações adjacentes (CORBETT;

ROSENHEIM, 1996; PETERSEN, 1999). Dessa forma, paisagens complexas, com grande quantidade de habitats não agrícolas, apresentam ampla interface entre habitats agrícolas e não agrícolas, o que permite a colonização por insetos benéficos nas plantações de forma efetiva desde o início do período de crescimento (BIANCHI; VAN DER WERF, 2003).

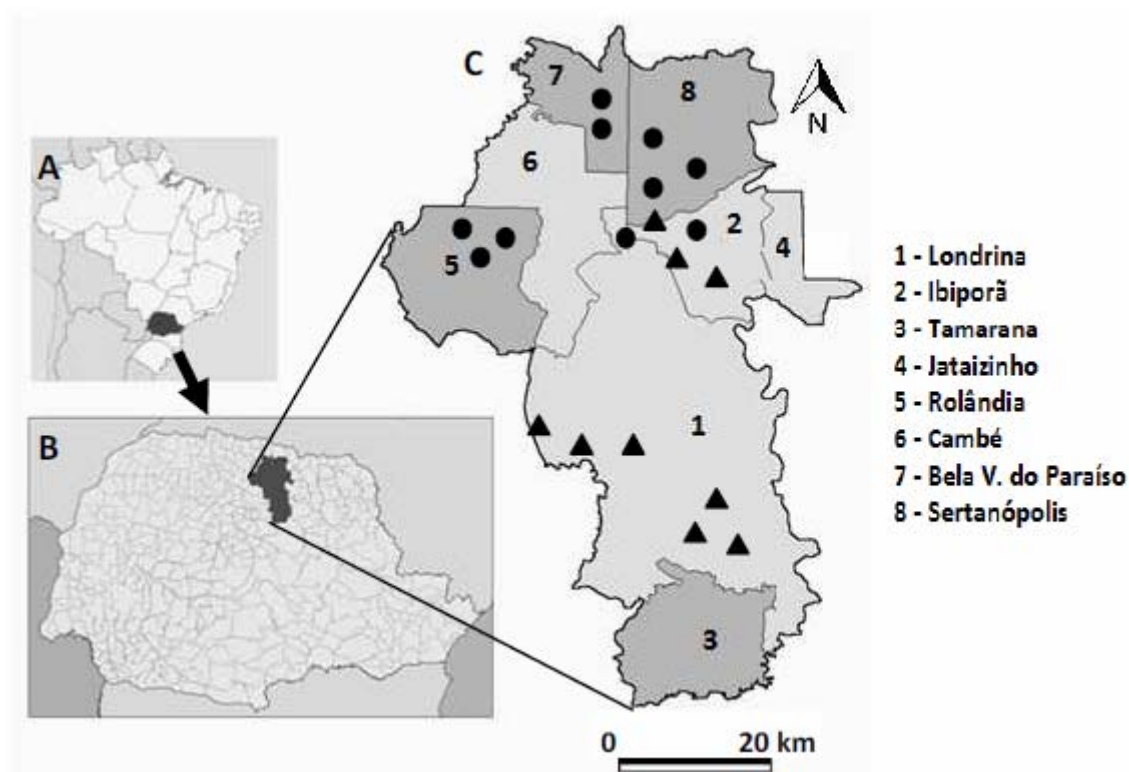
Em vista da problemática apresentada, o objetivo desse estudo foi verificar os efeitos da composição da paisagem sobre a comunidade de sirfídeos. Para tal, a ocorrência dos sirfídeos foi monitorada em plantações de trigo situadas em um gradiente de complexidade de paisagem. Como hipótese, considera-se que as plantações situadas em paisagens complexas, com altas porcentagens de habitats não agrícolas, apresentam maior abundância e riqueza de espécies de sirfídeo, comparativamente àquelas situadas em paisagens simplificadas e com poucos habitats não agrícolas disponíveis.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de Estudo

O estudo de dois anos (2012-2013) foi conduzido em 18 plantações de trigo (*Triticum aestivum* L.) sob semeadura direta (nove áreas por ano); distribuídas entre os municípios de Londrina, Ibiporã, Sertanópolis, Bela Vista do Paraíso e Rolândia; todos situados na região norte do Estado do Paraná – Brasil (Figura 3.1).

**Figura 3.1** – Localização da região de estudo. A – Localização do Estado do Paraná no Brasil, B – Localização da região de estudo no Estado do Paraná e C – Localização dos campos de trigo na região de estudo. Os triângulos representam os campos amostrados em 2012 e círculos os campos amostrados em 2013.

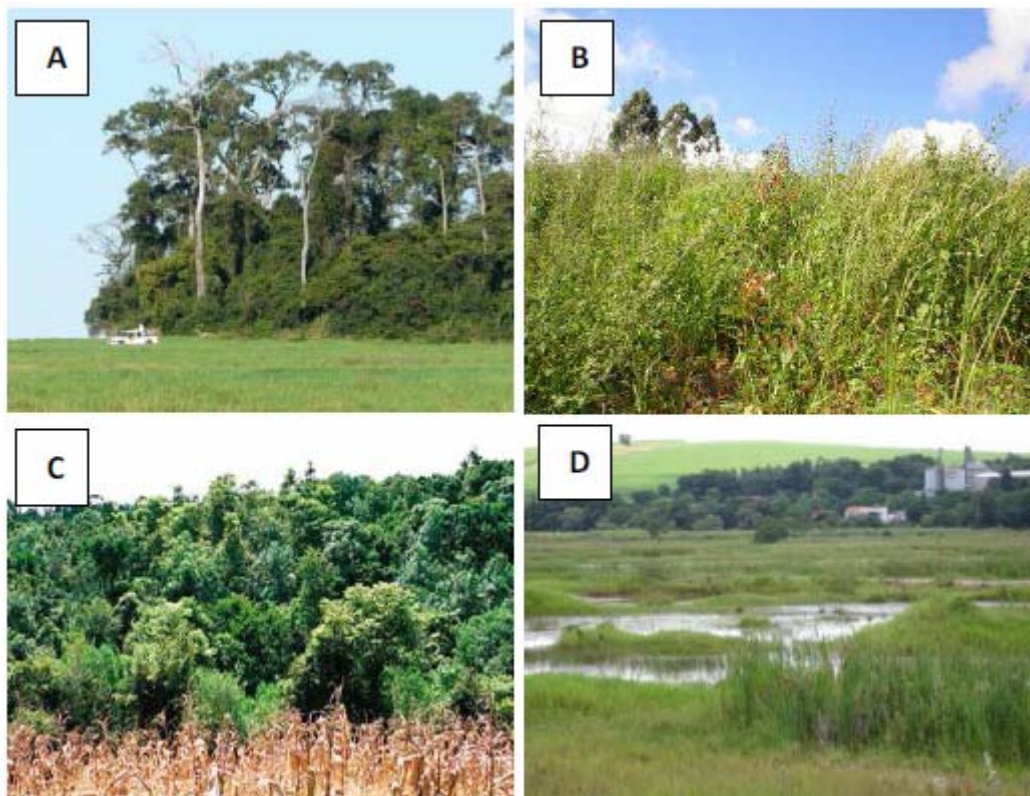


Segundo classificação climática de Köppen, o tipo climático da região de Londrina é o Cfa subtropical úmido, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR 2000). A média anual de precipitação é de 1100 a 1200 mm, com temperatura média de 20,8 – 21,6 °C (MAACK, 1981). A região em questão está situada entre 600 e 700 metros acima do nível do mar (MAACK, 1981) e apresenta solos de média e/ou alta fertilidade, tais como o Latossolo Vermelho e o Nitossolo (EMBRAPA, 1999).

A matriz da paisagem regional é composta por monoculturas de grãos. A soja e o milho são cultivados no verão, o milho (safrinha) no outono e o trigo no inverno. As culturas de verão e de outono-inverno, e vice versa, são separadas por dois períodos de entressafra de aproximadamente dois meses cada. Além das culturas anuais, a região também é produtora de café. O ecossistema original da região é a Floresta Estacional Semidecidual (FES), atualmente considerado um dos mais ameaçados do Bioma Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009). Além dos fragmentos de FES, pastos abandonados com altas densidades de

plantas ruderais e capoeiras nos mais variados estágios de sucessão figuram entre os habitats não agrícolas mais comuns da região (Figura 3.2).

**Figura 3.2** – Tipos de habitats não agrícolas comumente encontrados na região; A = fragmento florestal, B = pasto abandonado, C = capoeira e D = várzea.



Durante o período do estudo, a temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) em ambos os anos foi de  $19^{\circ}\text{C}$ . Já o total de precipitação (mm) variou consideravelmente entre os anos: 135,3 mm em 2012 e 228,4 mm em 2013 (dados da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR). Embora tenha ocorrido tal variação, o efeito da diferença no total de precipitação entre os anos sobre o esforço amostral foi desconsiderado, uma vez que testes de suficiência amostral (ver sessão 3.2.3) indicaram que o esforço foi suficiente para estimar a riqueza de espécies existente nos campos de trigo amostrados (Apêndice 1). Além disso, o número de dias com precipitação superior a 5 mm foi similar entre os anos (sete dias em 2012 e nove dias em 2013). A coleta de dados ocorreu entre os dias 23/04 e 29/05 de 2012 e 11/05 e 14/06 de 2013, totalizando cinco semanas por ano. A distância entre os campos de trigo variou entre 4,4 e 45,9 km.

As 18 plantações de trigo estão localizadas em setores de paisagem que variaram de estruturalmente simples a complexos (entre 7,4% e 74,5% de habitats não

agrícolas). Considerou-se como paisagens estruturalmente simples aquelas com < 20% de habitats não agrícolas, intermediárias entre > 20% e < 40% e complexas com  $\geq$  40 % de habitats não agrícolas (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1** – Dados de localização das 18 áreas contempladas no estudo. ACT = área dos campos de trigo estudados em hectares, %NC = porcentagem de habitats não agrícolas e CP = grau de complexidade da paisagem. As métricas %NC e CP são referentes a um raio de 2 km no entorno dos campos de trigo estudados.

Áreas	Município	Coordenada Geográfica	Ano	ACT	% NC	CP
01 - godoy high	Londrina	23°27'29" S 51°16'08" O	2012	15,9	74,5	Complexa
02 - godoy med	Londrina	23°23'49" S 51°11'41" O	2012	10,2	50,5	Complexa
03 - godoy low	Londrina	23°24'49" S 51°13'36" O	2012	36,8	42,9	Complexa
04 - ibipa high	Ibiporã	23°07'15" S 51°11'23" O	2012	73,8	40,0	Complexa
05 - ibipa med	Ibiporã	23°14'49" S 51°07'33" O	2012	22,9	34,9	Intermediária
06 - paiq high	Londrina	23°29'33" S 51°05'07" O	2012	35,4	30,0	Intermediária
07 - paiq med	Londrina	23°26'05" S 51°04'40" O	2012	15,8	27,2	Intermediária
10 - poçobom	Ibiporã	23°16'16" S 51°05'44" O	2013	64,7	35,5	Intermediária
11 - courodoboi	Bela Vista	23°09'44" S 51°11'01" O	2013	67,4	24,8	Intermediária
12 - espanhol	Bela Vista	23°05'35" S 51°09'20" O	2013	59,4	24,3	Intermediária
13 - favoretto	Sertanópolis	23°08'50" S 51°00'25" O	2013	19,1	22,7	Intermediária
08 - ibipa low	Ibiporã	23°12'03" S 51°03'41" O	2012	77,8	19,8	simples
09 - paiq low	Londrina	23°23'30" S 51°03'48" O	2012	60,5	19,8	simples
14 - japa	Sertanópolis	23°12'31" S 51°02'23" O	2013	11,8	19,1	simples
15 - brasmax	Londrina	23°14'18" S 51°15'13" O	2013	31,4	13,4	simples
16 - gerson	Rolândia	23°10'39" S 51°27'10" O	2013	15,3	13,3	simples
17 - odir	Rolândia	23°13'25" S 51°23'55" O	2013	21,0	10,6	simples
18 - bartira	Rolândia	23°11'37" S 51°22'27" O	2013	16,9	7,4	simples

Com o objetivo de evitar ou minimizar o efeito negativo de possíveis aplicações de agrotóxicos, as amostragens, em ambos os anos, foram realizadas durante os estágios iniciais de emergência e perfilhamento do trigo, ou seja, quando geralmente não são realizadas pulverizações. Mesmo assim, houve aplicação de inseticidas em duas áreas, durante o período de amostragem. No entanto, foram desconsideradas nas análises por terem utilizado produtos de ação fisiológica específicos para lagartas.

### 3.2.2 Análise da Paisagem

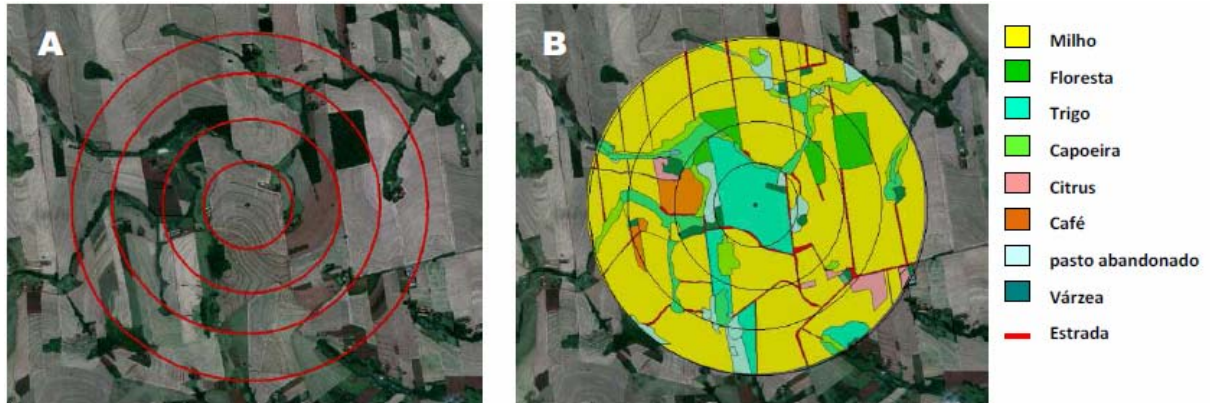
Estudos conduzidos em regiões temperadas mostram que diferentes espécies de artrópodes predadores e parasitoides de pragas agrícolas respondem melhor à composição da paisagem até 2,0 km (THIES et al., 2003; SCHMIDT; TSCHARNTKE 2005; GARDINER et al., 2009), o que inclui os sirfídeos (KLEIJN; VAN LANGEVELDE, 2006; MEYER et al 2009). Baseando-se nesses estudos, os habitats ao redor dos campos de trigo selecionados foram mapeados em um raio de 2,0 km por meio do software ArcView 8 (ESRI, 2005).

Observações de campo e imagens de satélite com resolução de 30 metros (LANDSAT TM 5) referentes aos anos de 2012 e 2013, projetadas em UTM SAD 1969, foram utilizadas para gerar os mapas de uso do solo. O mapeamento consistiu na identificação supervisionada de oito classes: milho, trigo, floresta, capoeira, pasto abandonado, várzea, citrus e café.

Com base nesse mapeamento foram calculadas a porcentagem de área ocupada por culturas anuais (trigo e milho), culturas perenes (café e citrus) e habitats não agrícolas (floresta + capoeira + pasto abandonado + várzea). As culturas anuais foram consideradas como a matriz da paisagem, uma vez que representaram mais de 50% da área de 15 dos 18 setores de paisagem analisados. Por outro lado, a porcentagem de habitats não agrícolas (% non-crop) foi considerada como parâmetro de complexidade da paisagem. Tal variável é considerada um boa preditora de complexidade da paisagem devido a sua relação de área inversamente proporcional à matriz agrícola (correlação de Spearman;  $r_s = - 0,647$ ,  $p = 0,002$ ).

A proporção de área ocupada por cada classe de uso do solo foi mensurada em quatro setores circulares com incremento de diâmetro de 500 metros (0,5 km; 1 km; 1,5 km; 2 km), representando a paisagem em quatro escalas espaciais (Figura 3.3).

**Figura 3.3** – Exemplo de setor de paisagem mapeado. A) Os anéis em vermelho representam as quatro escalas espaciais de 0-2 km, em intervalos de 500 metros; B) Mapa de uso do solo no qual o plantio de trigo, área estudada, encontra-se no centro do mapa.



### 3.2.3 Amostragem de Sirfídeos e Pulgões

Para a amostragem dos sirfídeos, foram utilizadas armadilhas de interceptação de voo tipo Malaise (Figura 3.4), enquanto a ocorrência de pulgões foi estimada por meio de análise visual de perfilhos de trigo.

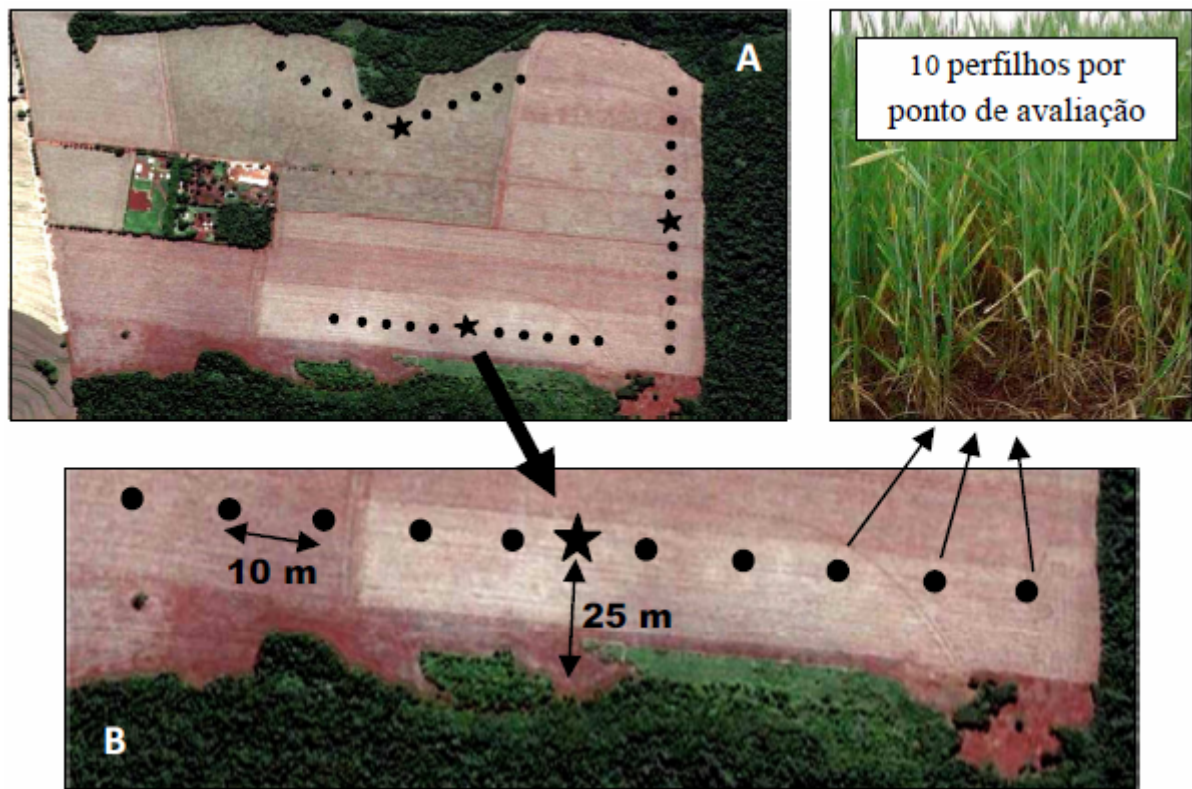
**Figura 3.4** – Amadilha tipo Malaise (modelo Townes, 1972).



Assim, em cada um dos 18 plantios de trigo foram instaladas três armadilhas Malaise: todas localizadas a 25 metros de três bordas distintas. Concomitantemente, a

ocorrência de pulgões foi visualmente estimada em 300 perfilhos, sendo 100 perfilhos por borda subdivididos em dez pontos de dez perfilhos cada (Figura 3.5).

**Figura 3.5** – Esquema geral do delineamento amostral. A) Visão geral do experimento; B) Borda ampliada onde a estrela representa a armadilha Malaise e os círculos localizam os pontos de avaliação de pulgões (cada ponto compreende 10 perfilhos). O espaçamento entre os pontos de avaliação de pulgão é de 10 metros. As armadilhas Malaise foram fixadas dentro dos campos de trigo a 25 metros das bordas.



As armadilhas Malaise foram vistoriadas semanalmente para retirada dos insetos, que ficaram preservados em álcool 70% até a triagem e identificação. Para a estimativa de densidade de pulgões foram realizadas cinco avaliações visuais (uma a cada semana).

Com base nas amostragens estimou-se a abundância de pulgões (N-aphid), abundância de sirfídeos (N-syrph), a riqueza de espécies de sirfídeo (S-syrph) e a abundância das espécies de sirfídeo mais abundantes: *Allograpta exotica* (Wiedemann, 1830), *Pseudodoros clavatus* (Fabricius, 1794) e *Toxomerus politus* (Say, 1823).

Para estimar a robustez do esforço amostral, foi utilizada a curva de acúmulo de espécies por área. Para tal, o tempo total de amostragem em cada área de trigo foi subdividido em cinco subamostras (semanas). Utilizando o software EstimateS, Version 7.5

(COLWELL, 2004), foi estimada a riqueza de espécies de sirfídeos com base no estimador de riqueza de espécies Jackknife de segunda ordem, considerado um estimador não paramétrico eficiente para amostras de tamanho pequeno (HELLMANN; FOWLER, 1999).

#### 3.2.4 Análises Estatísticas

Os efeitos da composição da paisagem e da densidade de pulgões sobre a abundância e a riqueza de espécies de sirfídeo foram analisados por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM).

A porcentagem de habitats não agrícolas (% noncrop), culturas perenes (% perennial) e abundância de pulgões (N\_aphid) foram consideradas como variáveis explanatórias nos modelos. Optou-se em excluir a variável “culturas anuais” (% anual) dos modelos para evitar resultados redundantes, decorrente do uso de variáveis explanatórias significativamente correlacionadas (% anual vs % noncrop,  $r_s = -0,647$ ,  $p = 0,002$ ; correlação de Spearman). Desta forma, variáveis dependentes negativamente associadas aos habitats não agrícolas apresentaram relação positiva com as culturas anuais. Além disso, apenas uma variável explanatória correspondente a uma única escala espacial foi incluída por modelo. Assim, para cada variável dependente (N-syrph, S-syrph e a abundância das três espécies mais abundantes) foram construídos 16 modelos, sendo três modelos por escala espacial e um modelo nulo (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** –Lista de modelos concorrentes por variável resposta. Os números 500, 1000, 1500 e 2000 indicam a escala espacial em metros utilizada nos modelos.

Modelos	Parametros
S_syrph = % non-crop 500, 1000, 1500, 2000.	3
S_syrph = culturas perenes 500, 1000, 1500, 2000.	3
S_syrph = pulgão	3
S_syrph = nulo	3
N_syrph = % non-crop 500, 1000, 1500, 2000.	3
N_syrph = nulo	3
N_syrph = culturas perenes 500, 1000, 1500, 2000.	3
N_syrph = pulgão	3
A_exotica = % non-crop 500, 1000, 1500, 2000.	3
A_exotica = culturas perenes 500, 1000, 1500, 2000.	3
A_exotica = pulgão	3
A_exotica = nulo	3
P_clavatus = % non-crop 500, 1000, 1500, 2000.	3
P_clavatus = culturas perenes 500, 1000, 1500, 2000.	3
P_clavatus = pulgão	3
P_clavatus = nulo	3
T_politus = % non-crop 500, 1000, 1500, 2000.	3
T_politus = culturas perenes 500, 1000, 1500, 2000.	3
T_politus = pulgão	3
T_politus = nulo	3

Todas as variáveis explanatórias foram transformados na escala log (log da variável +1) para atender os pressupostos dos modelos lineares. A distribuição de erros de Poisson foi assumida nos modelos.

Os melhores modelos foram identificados com base no Critério de Informação de Akaike (Akaike Information Criterion = AIC, BURNHAM; ANDERSON, 1998) com correção para pequenas amostras (AICc, HURVICH ; TSAI, 1989). O AICc gera um rank dos melhores para os piores modelos. Também foi utilizado o peso do AICc (wAICc), que representa o peso de evidência de um determinado modelo como sendo o melhor do conjunto (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Outro parâmetro adotado na seleção dos melhores modelos foi o delta-AICc que é a diferença entre o AICc de um modelo em relação a outro com menor valor de AICc (MARTENSEN et al., 2008). Portanto, os modelos que apresentarem  $wAICc \geq 0,10$  e  $dAICc \leq 2,0$  foram considerados relevantes para explicar a variável dependente de interesse. Todas as análises foram realizadas no software R versão 3.0.2 (R Development Core Team, 2013). Todas as análises de probabilidade foram realizadas no pacote “bbmle” (BOLKER, 2008).

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Sirfídeos e Pulgões

No total foram coletados 8.340 sirfídeos, compreendendo 28 espécies e 29 morfoespécies, distribuídas em oito gêneros (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3** – Relação de espécies e morfoespécies de sirfídeo coletadas em 18 plantações de trigo no norte do Paraná. N = número de indivíduos.

Espécies	N	Espécies	N
<i>Allograpta annulipes</i> (Macquart, 1850)	6	<i>Ocyptamus</i> sp.31	1
<i>Allograpta exotica</i> (Wiedemann, 1830)	4294	<i>Ocyptamus</i> sp.5	2
<i>Allograpta falcata</i> Fluke, 1942	6	<i>Ocyptamus</i> sp.6	22
<i>Allograpta neotropica</i> Curran, 1936	1	<i>Pseudodoros clavatus</i> (Fabricius, 1794).	1376
<i>Allograpta obliqua</i> (Say, 1823)	81	<i>Salpingogaster nigra</i> Schiner, 1868	22
<i>Allograpta</i> sp.4	14	<i>Salpingogaster pygophora</i> Schiner, 1868.	3
<i>Allograpta</i> sp.19	1	<i>Syrphus phaeostigma</i> Wiedemann, 1830	33
<i>Allograpta</i> sp.21	2	<i>Toxomerus difficilis</i> (Curran, 1930)	3
Eristalinae sp.14	2	<i>Toxomerus dispar</i> (Fabricius, 1794)	389
Eristalinae sp.24	1	<i>Toxomerus floralis</i> (Fabricius, 1798)	28
Eristalinae sp.28	1	<i>Toxomerus lacrymosus</i> (Bigot, 1884)	23
Eristalinae sp.30	2	<i>Toxomerus laenas</i> Walker 1852	53
<i>Ocyptamus antiphates</i> (Walker, 1849)	41	<i>Toxomerus musicus</i> (Fabricius, 1805)	14
<i>Ocyptamus dimidiatus</i> (Fabricius, 1781)	487	<i>Toxomerus papaveroi</i> Borges; Couri, 2009	5
<i>Ocyptamus gastrostactus</i> (Wiedemann, 1830)	117	<i>Toxomerus pictus</i> (Macquart, 1842)	8
<i>Ocyptamus lineatus</i> (Macquart, 1846)	25	<i>Toxomerus politus</i> (Say, 1823)	1115
<i>Ocyptamus stenogaster</i> (Williston, 1888)	4	<i>Toxomerus polygraphicus</i> (Hull, 1940)	2
<i>Ocyptamus</i> sp.13	1	<i>Toxomerus pulchellus</i> (Macquart, 1846)	1
<i>Ocyptamus</i> sp.14	1	<i>Toxomerus virgulatus</i> (Macquart, 1850)	1
<i>Ocyptamus</i> sp.18	1	<i>Toxomerus watsoni</i> (Curran, 1930)	117
<i>Ocyptamus</i> sp.25	1	<i>Toxomerus</i> sp.3	1
<i>Ocyptamus</i> sp.20	4	<i>Toxomerus</i> sp.1	4
<i>Ocyptamus</i> sp.21	1	<i>Toxomerus</i> sp.28	1
<i>Ocyptamus</i> sp.24	2	<i>Toxomerus</i> sp.9	1
<i>Allograpta</i> sp.22	1	<i>Toxomerus</i> sp. 7	1
<i>Ocyptamus</i> sp.28	1	<i>Toxomerus</i> sp.11	7
<i>Ocyptamus</i> sp.26	3	<i>Toxomerus</i> sp.12	1
<i>Ocyptamus</i> sp.27	3	<i>Xanthandrus bucephalus</i> (Wiedemann, 1830)	1
<i>Ocyptamus</i> sp.30	1		

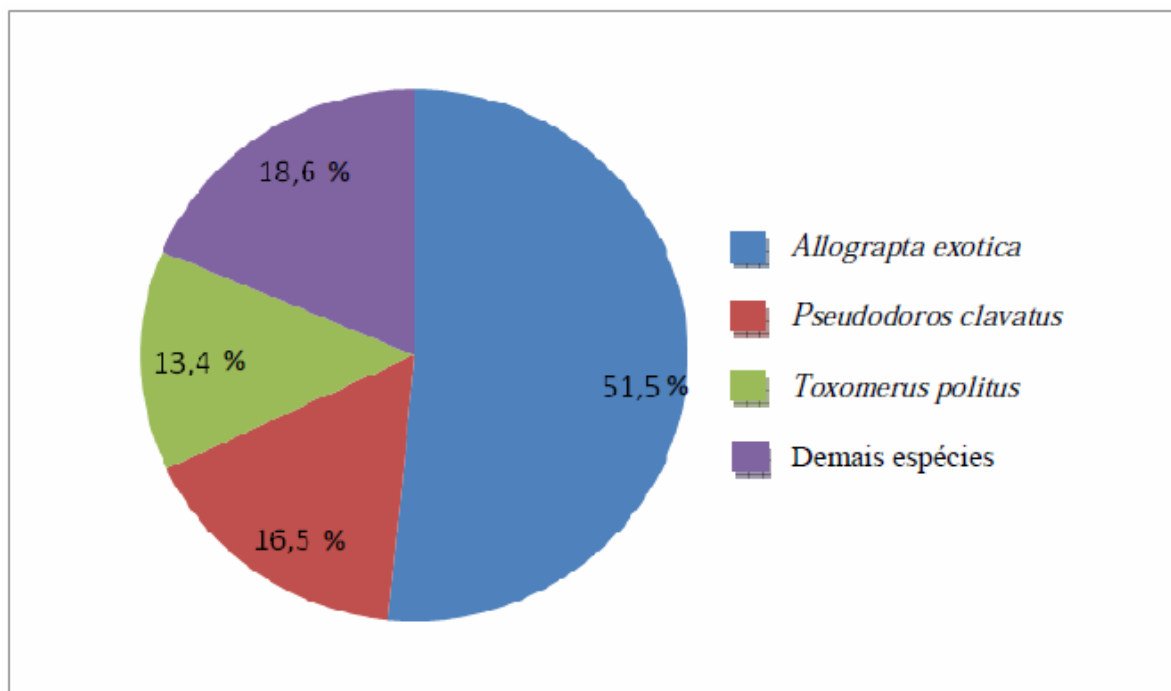
Foi registrado um total de 1463 pulgões nos plantios de trigo, pertencentes a duas espécies: *Rhopalosiphum maydis* Fitch, 1856 e *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758).

Por área, a abundância e a riqueza de espécies de sirfídeos variaram entre 82 e 1006 indivíduos e entre nove e 27 espécies, respectivamente; enquanto que a abundância de pulgões ficou entre nove e 432 indivíduos avaliados em 300 afixos, nas cinco semanas.

Os gêneros *Toxomerus* Macquart, 1855 e *Ocyrtamus* Macquart, 1834 apresentaram maior número de espécies - 21 e 19, respectivamente; enquanto os gêneros *Xanthandrus* Verrill, 1901 e *Pseudodoros* Becker, 1903 foram representados por apenas uma espécie cada.

Cinco espécies e 16 morfoespécies foram consideradas incomuns - com apenas um indivíduo coletado. Já *A. exotica* (N = 4294), *P. clavatus* (N = 1376) e *T. politus* (N = 1115) foram as mais abundantes em todas as 18 áreas, e juntas representaram 81,4 % do total de indivíduos coletados (Figura 3.6).

**Figura 3.6** – Representação gráfica das três espécies de Syrphidae mais abundantes e do conjunto das demais espécies em relação ao total de indivíduos coletados.



A curva de suficiência amostral indicou que o esforço amostral foi suficiente em capturar a riqueza de espécies nas 18 áreas de trigo amostradas (Apêndice 1).

### 3.3.2 Efeitos da Composição da Paisagem

O aumento na porcentagem de área ocupada pelos habitats não agrícolas resultou no aumento da riqueza de espécies e no incremento populacional de *P. clavatus*. Por outro lado, a abundância total e a ocorrência de *A. exotica* e *T. politus* aumentaram com o acréscimo de área cultivada com culturas anuais (matriz agrícola). Já as culturas perenes influenciaram negativamente a riqueza de espécies e a abundância de *T. politus* (Tabela 3.4). A densidade de pulgões não apresentou relação significativa com a riqueza de espécies e nem com a abundância total, ou das três espécies de sirfídeos analisadas.

**Tabela 3.4** – Rank dos melhores modelos para a riqueza de espécies (S\_syrph), abundância total (N\_syrph) e das três espécies mais abundantes de sirfídeo. Estimate = indica se associação entre a variável dependente e a variável explanatória de cada modelo é positiva ou negativa. ES = escala espacial dos modelos em metros.

Modelos	ES	Estimate	AICc	dAICc	wAICc
S_syrph = noncrop **	2000	7.623	113.3914	0	0.198919
S_syrph = perennial	1000	-0.3235	114.0553	0.663970	0.142724
S_syrph = perennial	2000	-0.3333	114.2825	0.891112	0.127401
S_syrph = perennial	1500	-0.317	114.4193	1.027922	0.118978
N_syrph = noncrop **	1000	-328.70	253.2320	0	0.328117
N_syrph = noncrop	1500	-347.90	254.3832	1.15116	0.184526
A_exotica = noncrop **	1000	-385.90	236.9309	0	0.485603
A_exotica = noncrop	1500	-484.30	237.2130	0.282118	0.421717
P_clavatus = noncrop **	1500	166.39	206.3969	0	0.371561
P_clavatus = noncrop	2000	163.19	207.6514	1.254517	0.198434
P_clavatus = noncrop	1000	117.26	208.0038	1.606865	0.166381
P_clavatus = noncrop	500	93.46	208.1155	1.718593	0.157341
T_politus = perennial **	1000	-3.744	214.7126	0	0.127873
T_politus = noncrop	1000	-52.18	214.8553	0.142719	0.119066
T_politus = perennial	1500	-3.600	214.9245	0.211911	0.115017
T_politus = noncrop	1500	-61.83	214.9610	0.248411	0.112937

\*\* Modelo mais relevante para cada variável dependente testada.

### 3.4 DISCUSSÃO

Como esperado, a riqueza de espécies de sirfídeo aumentou com o incremento de área dos habitats não agrícolas em ambas escalas local e de paisagem. Estudos conduzidos em paisagens agrícolas europeias suportam essa hipótese e mostram que paisagens complexas com alta quantidade e diversidade de habitats não agrícolas podem abrigar uma maior riqueza de espécies de sirfídeo (KLEIJN; VAN LANGEVELDE, 2006;

BURGIO; SOMMAGGIO 2007; HENDRICKX et al., 2007; MEYER et al., 2009). Ao contrário dos adultos que se alimentam de pólen e néctar, as larvas apresentam uma grande variedade de hábitos alimentares, que incluem fitófagos, micófagos, saprófagos, filtradores (aquáticos), coprófagos, mirmeecófagos e zoófagos (THOMPSON, 1969; SOMMAGGIO, 1999; STÅHLS et al., 2003). Nesse contexto, a maioria dessas guildas se beneficiam da complexidade da paisagem porque são extremamente especializadas em um ou poucos microhabitats que não são facilmente encontrados em agroecossistemas (SPEIGHT, 2006; SCHWEIGER et al., 2007; MEYER et al., 2009). Habitats como as florestas tropicais (principal habitat não agrícola da região estudada) apresentam uma alta diversidade de microhabitats e conseqüentemente podem suportar um maior número de espécies de diferentes grupos funcionais ou guildas.

Por outro lado, a abundância total, assim como, a abundância de *A. exotica* e *T. politus* aumentaram com o acréscimo de área cultivada com culturas anuais (matriz agrícola). Resultados similares foram encontrados em estudos de paisagens agrícolas da Alemanha onde a abundância total de sirfídeos aumentou com o incremento de área da matriz agrícola (JAUKER et al., 2009; MEYER et al., 2009). Esses resultados podem ser atribuídos a dominância de poucas espécies afidófagas que são reconhecidamente associadas a matriz agrícola (SADEGHI; GILBERT, 2000; SPEIGHT, 2006; JAUKER et al., 2009). Ainda na Europa, estudos registraram que a comunidade de sirfídeo em paisagens agrícolas apresenta dominância de poucas espécies afidófagas como *E. balteatus* (BURGIO; SOMMAGGIO, 2007; MEYER et al., 2009; JAUKER et al., 2009).

De maneira similar, no presente estudo, a espécie afidófaga *A. exotica* e a polinívora *T. politus* (somando 64,8 % do total de indivíduos coletados) foram favorecidas pela expansão das culturas anuais de outono e inverno, onde encontram grande oferta de recursos. Na região de estudo, e durante o período de coleta (estágios reprodutivos iniciais do milho e emergência do trigo), as duas espécies de sirfídeos provavelmente incrementaram suas populações nas plantações de milho segunda safra, que nestes estágios fenológicos oferecem grande quantidade de pulgões e pólen (CRUZ et al., 2012), e dali migraram para as áreas de trigo.

A disponibilidade de pulgões e pólen torna-se particularmente importante para as espécies afidófagas, sobretudo por dois motivos: (1) devido ao potencial de dispersão limitado das larvas, as fêmeas de espécies zoófagas fazem a oviposição somente quando a presa é detectada (SADEGHI; GILBERT, 2000; BELLIURE; MICHAUD, 2001). No caso das espécies afidófagas, as fêmeas utilizam o *honeydew* excretado pelos pulgões para localizá-

los e realizarem a oviposição (BUDENBERG; POWELL, 1992). Desta forma, altas densidades de pulgão facilitam a localização das colônias e garantem fonte de alimento abundante para as larvas. (2) O pólen é um recurso fundamental para as larvas de *T. politus* e para os adultos das demais espécies, sobretudo as fêmeas. O consumo de pólen fornece a proteína necessária para a maturação sexual e produção de ovos (GILBERT, 1986; HASLETT, 1989; HICKMAN et al., 1995).

A escala espacial mais relevante para a riqueza de espécies foi de 2000 metros, indicando que a maioria das espécies pode forragear por distâncias superiores a 1500 metros. Ao considerar que a maioria das espécies de sirfídeo está associada aos habitats não agrícolas, frequentemente reduzidos a pequenos fragmentos isolados, aquelas associadas a esses ambientes devem se deslocar a distâncias maiores para encontrá-los e colonizá-los. Já para as afidófagas, associadas às culturas anuais (*A. exotica* e *T. politus*), a escala espacial mais relevante foi de apenas 1000 metros, o que indica uma menor capacidade de deslocamento nas paisagens agrícolas da região de estudo. Na Alemanha, Haenke et al (2009) e Meyer et al (2009) verificaram que, em paisagens agrícolas simplificadas, a escala espacial mais relevante para a abundância de espécies afidófagas de sirfídeo foi entre 500 e 1000 metros. Portanto, podemos considerar que as espécies afidófagas dominantes na região de estudo são bem adaptadas à matriz agrícola e não precisam se deslocar grandes distâncias, sobretudo em paisagens simplificadas compostas predominantemente por culturas anuais.

#### 3.4.1 Implicações para o Controle Biológico de Pragas

As espécies afidófagas *A. exotica* e *P. clavatus* são comumente encontradas nas paisagens agrícolas do sul do Brasil, ou seja, todas são potenciais agentes de controle biológico de pragas.

Essas espécies foram as mais abundantes ao longo de todo gradiente de complexidade de paisagem e, por isso, são as de maior relevância para o controle biológico de pulgões. *A. exotica* foi associada às culturas anuais, sugerindo que essa espécie adota a estratégia de concentrar suas populações nos habitats com maior quantidade de recursos (neste estudo, o milho). Existem registros de *A. exotica* e *P. clavatus* predando pulgões do trigo (PIMENTA; SMITH, 1976; ZUNINGA, 1982; GASSEN, 1986), assim como *R. maidis* (GUAGLIUMI, 1962; SILVA et al., 1968; VALENCIA; CARDENAS, 1973). Portanto, essas espécies podem ser importantes agentes de controle biológico para as culturas do milho e do trigo que, juntamente com a soja, são as culturas de maior importância econômica da região.

Provavelmente, na área de estudo, esses sirfídeos acompanham a dinâmica populacional das seguintes espécies de pulgão: *R. maydis* e *Sitobion avenae* Fabricius, 1775. Um possível cenário de sucessão de presas iniciaria-se com a *R. maydis*. Ela começa suas colônias ainda no período vegetativo da cultura do milho, que é, em média, semeado de um a dois meses antes do trigo, para reduzir o risco de danos causados pelas geadas. O pico de infestação de *R. maydis* no milho ocorre, geralmente, nos estágios reprodutivos iniciais (CRUZ et al., 2012). A coleta de dados iniciou-se justamente neste período, quando o trigo foi semeado. Nesse momento, as plantações de milho apresentam altas densidade de *R. maydis* e grandes quantidades de pólen (observação pessoal). Devido à concentração de recursos, esta monocultura se torna temporariamente o habitat mais importante para esses sirfídeos.

Outro fator fundamental foi a redução significativa da aplicação de agrotóxicos devido à adoção, em massa, do milho BT. Além disso, as toxinas empregadas na biotecnologia do BT não afetam os pulgões e outros insetos sugadores (HEAD et al., 2001; DUTTON et al., 2002) e não reduz a densidade de presas.

Posteriormente, com a senescência do milho e o declínio das populações de *R. maydis*, o cenário mais provável é que os sirfídeos iniciem a migração para as plantações de trigo que já estão entrando na fase de florescimento. Esse estágio marca o início do estabelecimento das colônias de *S. avenae* (SALVADORI, 1999) que atingem o pico populacional no espigamento, principalmente na fase fenológica de grão leitoso (VEREIJKEN, 1979). Dessa forma, a floração do trigo fornece o pólen necessário para aumentar a taxa de oviposição e o sucesso reprodutivo dos sirfídeos que se beneficiam, posteriormente, das altas densidades de *S. avenae* durante a fase de espigamento. Após a colheita do trigo inicia-se um período de entressafra (aprox. 2 meses) e, neste momento, essas espécies de sirfídeo provavelmente migram para outros habitats. As bordas de fragmentos florestais e os pastos abandonados certamente estão entre os principais destinos. Ambos habitats apresentam alta diversidade de plantas que florescem em diferentes épocas do ano e hospedam uma ampla gama de pulgões. Portanto, mesmo *A. exotica* que mostrou associação negativa com esses habitats, provavelmente dependem desses ambientes em outros períodos do ano. Estudos mostram que inimigos naturais que forrageiam nas plantações migram para os habitats não agrícolas em períodos de distúrbio, como a aplicação de agrotóxicos e a colheita (CORBETT; ROSENHEIM, 1996; PETERSEN, 1999; LANDIS et al., 2000; LARRIVEE et al., 2008).

Em síntese, a conservação de habitats naturais e seminaturais em paisagens agrícolas são fundamentais para a persistência e o incremento das populações, não apenas de sirfídeos afidófagos, mas de toda a biodiversidade.

### 3.4.2 Considerações Finais e Sugestões para Estudos Futuros

Pouco se sabe sobre o comportamento e preferências alimentares, e de habitat de sirfídeos neotropicais (ROTHERAY et al., 2000; PÉREZ-BAÑÓN et al., 2003; MENGUAL et al., 2012). Nesse contexto, este trabalho fornece informações sobre a estrutura da comunidade de sirfídeos em paisagens agrícolas destacando a importância da composição da paisagem sobre a abundância e riqueza de espécies. Nossos resultados indicam que a simplificação da paisagem resulta no empobrecimento da comunidade, favorecendo a dominância de poucas espécies. As espécies mais abundantes são afidófagas (exceto *T. politus*) e comumente encontradas nas paisagens agrícolas do sul do Brasil. Portanto, elas possuem grande potencial como agentes de controle biológico de pragas agrícolas.

As espécies dominantes podem ser consideradas bem adaptadas à matriz agrícola, inclusive as que se beneficiaram do aumento da complexidade da paisagem. Isso se deve porque todas foram abundantes em paisagens agrícolas com alto índice de fragmentação, contemplando apenas 29% de área ocupada por habitats não agrícolas (média das 18 áreas).

A riqueza de espécies de sirfídeo apresentou associações positivas com o total de habitats não agrícolas na escala de paisagem (2000 metros). Isso revela que a persistência da maioria das espécies depende da presença dos habitats naturais e seminaturais, não apenas em escala local (< 500 metros), mas também na escala de paisagem. Mesmo as espécies que mostraram associações negativas com os habitats não agrícolas provavelmente dependem desses ambientes em períodos de distúrbio ou de entressafra. Nesse contexto, futuros estudos, interessados em esclarecer a influência da composição da paisagem sobre organismos benéficos, como inimigos naturais e polinizadores, devem monitorar suas populações e seus recursos em diversas escalas espaço-temporais. Informações importantes como o *turnover* de espécies entre as plantações e os habitats não agrícolas e/ou a criação de estratégias de manipulação ambiental, visando a atração de insetos benéficos, ainda são muito escassas. Essas informações só podem ser obtidas por meio do monitoramento das populações em ambos habitats, agrícolas e não agrícolas, em diferentes escalas espaciais e durante os períodos de safra e entressafra existentes ao longo do ano.

## REFERÊNCIAS

- ANKERSMIT, G. W.; DIJKNTAN, H.; KEUNING, N.J.; MERTENS, H.; SINS, A.; TACOMA, H. M. Episyrrhus balteatus as a predator of the aphid *Sitobion avenae* on winter wheat. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 42, n. 3, p. 271-277, dez. 1986
- ADAMS, P. A; PENNY, N. D. Neuroptera of the Amazon basin: Part II. Introduction and Chrysopini. **Acta Amazonica**, v. 15, p. 413-479, 1985.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 19-31, 1999.
- BATÁRY, P.; MATTHIESEN, T.; TSCHARNTKE, T. Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. **Biological Conservation**, v. 143, n. 3, p. 2020–2027, 2010.
- BELLIURE, B.; MICHAUD, J. P. Biology and behaviour of *Pseudodoros clavatus* (Diptera: Syrphidae), an important predator of citrus aphids. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, n. 1, p. 91-96, 2001.
- BIANCHI, F. J. J. A.; VAN DER WERF, W. The effect of the area and configuration of hibernation sites on the control of aphids by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural landscapes: a simulation study. **Environmental Entomology**, v. 32, n. 6, p. 1290-1304, 2003.
- BIANCHI, F. J. J. A.; VAN DER WERF, W. Model evaluation of the function of prey in non-crop habitats for biological control by ladybeetles in agricultural landscapes. **Ecological Modelling**, v. 171, n. 1-2, p. 177-193, 2004.
- BOLKER, B. **Ecological models and data in R**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 2008.
- BUDENBERG W. J.; POWELL, W. The role of honeydew as an ovipositional stimulant for two species of syrphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 64, n. 1, p. 57-61, 1992.
- BUENO, V. H. P. Desenvolvimento e multiplicação do parasitoide do gênero *Aphidius* Nees. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2000. p. 137-159
- BUGG, R. L., ANDERSON, J. M., THOMSEN, C. D.; CHANDLER, J. Farmscaping in California: managing hedgerows, roadside and wetland plantings, and wild plants for bio-intensive pest management. In: PICKETT, C. H.; BUGG, R. L. **Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests**. Berkeley, CA: University of California Press, 1998. p. 339-374.
- BURGIO, G; SOMMAGGIO, D. Syrphids as landscape indicators in Italian agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 120, n. 2-4, p.416-422, 2007.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model Selection and Inference: a Practical information-Theoretic Approach**. Springer-Verlag, New York. 1998.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information–Theoretic Approach**, 2nd edition. Springer-Verlag, New York. 2002.

COLLEY, M. R.; LUNA, J. M. Relative Attractiveness of Potential Beneficial Insectary Plants to Aphidophagous Hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Environmental Entomology**, v. 29, n. 5, p.1054-1059, 2000.

COLLINS, K. L.; BOATMAN, N. D.; WILCOX, A.; HOLLAND, J. M.; CHANEY, K. Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 93, n. 1-3, p. 337-350, 2002.

COLWELL, R.K. (2004). **EstimateS, Version 7: Statistical estimation of species richness and shared species from samples** (software and user's guide). < [www.viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS](http://www.viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS) >.

CORBETT, A.; ROSENHEIM, J. A. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. **Ecological Entomology**, v. 21, n. 2, p. 155-164, 1996.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 45p. (Circular Técnica, 24).

COSTAMAGNA, A. C.; LANDIS, D. A. Effect of food resources on adult *Glyptapanteles militaris* and *Meteorus communis* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 33, n.2, p. 128–137, 2004.

COWGILL, S. E.; WRATTEN, S. D.; SOTHERTON, N. W. The effect of weeds on the numbers of hoverfly (Diptera: Syrphidae) adults and the distribution and composition of their eggs in winter wheat. **Annals of Applied Biology**, v. 123, n. 3, p. 499-515, 1993.

CRONIN, J. T. Host-parasitoid extinction and colonization in a fragmented prairie landscape. **Oecologia**, v. 139, p. 503-514, 2004.

CRUZ, I.; MENDES, S. M.; VIANA, P. A. **Importância econômica e manejo de insetos sugadores associados à parte aérea de plantas de milho Bt**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 14 p. (Circular Técnica, 175).

DEMITE, P. R.; FERES, R. J. F. Influência de vegetação vizinha na distribuição de ácaros (Acari) em seringal no município de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 829-836, 2005.

DENYS, C.; TSCHARNTKE, T. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. **Oecologia**, v. 130, p. 315-324, 2002.

DIX, M. E.; JONHSON, R. J.; HARREL, M. O.; CASE, R.M.; WRIGHT, R. J. Influences of trees on abundance of natural enemies of insect pest s: a review. **Agroforestry Systems**, v. 29, p. 303-311, 1995.

DUELLI, P.; OBRIST, M. K. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. **Basic and Applied Ecology**, v. 4, n.2, p. 129-138, 2003.

DUTTON, A.; KLEIN, H.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. **Ecological Entomology**, v. 27, n.4, p. 441-447, 2002.

DYER, L. E.; LANDIS, D. A. Effects of habitat, temperature, and sugar availability on longevity of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Environmental Entomology**, v. 25, n. 5, p. 1192-1201, 1996.

\_\_\_\_\_. Influence of noncrop habitats on the distribution of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cornfields. **Environmental Entomology**, v. 26, n. 4, p. 924-932, 1997.

EIGENBRODE, S. D; WHITE, C; ROHDE, M.; SIMON, C. J. Behavior and Effectiveness of Adult *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) as a Predator of *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) on a Wax Mutant of *Pisum sativum*. **Environmental Entomology**, v. 27, n. 4. p. 902-909, 1998.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Serviço de Produção e Informação (SPI), Brasil, 1999.

\_\_\_\_\_. **Trigo para o abastecimento familiar**: Do plantio à mesa. Brasília: Serviço de Produção e Informação (SPI), Brasil, 1996.

ERSI. **ArcGIS Desktop**: Release 8. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2005.

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Pervasive impact of large-scale edge effectson a beetle community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 14, p. 5426-5429, 2008.

FADINI, M. A. M.; REGINA, M. A.; FRÁGUAS, J. C.; LOUZADA, J. N. C. Efeito da cobertura vegetal do solo sobre a abundância e diversidade de inimigos naturais de pragas em vinhedos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.573-576, 2001.

FORMAN, R. T. T.; BAUDRY, J. Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. **Journal of Environmental Management**, v. 8, n. 6, p. 495-510, 1984.

FRANCA, I. W. B; MARQUES, E. J.; TORRES, J. B.; OLIVEIRA, J. V. Efeitos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre o percevejo *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3. p. 349-356, 2006.

FREEMAN LONG, R.; CORBETT, A.; LAMB, C.; REBERG-HORTON, C.; CHANDLER, J.; STIMMANN, M. Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. **California Agriculture**, v. 52, n. 5, p. 23-26, 1998.

FREIMOSER, F. M.; JENSEN, A. B.; TUOR, U.; AEBI, M.; EILENBERG, J. Isolation and in vitro cultivation of the aphid pathogenic fungus *Entomophthora planchoniana*. **Canadian Journal Microbiology**, v. 47, n. 12. p. 1082-1087, 2001.

GAHUKAR, R. T. Infestation levels of improved sorghum cultivars with *Rhopalosiphum maydis* Fitch and *Eublemma gayneri* Roths. In Senegal. **Tropical Agriculture**, v. 70, n. 2, p. 185-187, 1993.

GARDINER, M. M.; LANDIS, D. A.; GRATTON, C.; DIFONZO, C. D.; O'NEAL, M.; CHACON, J. M.; WAYO, M. T.; SCHMIDT, N. P.; MUELLER, E. E.; HEIMPEL, G. E. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. **Ecological Applications**, v. 19, n. 1, p. 143-154, 2009.

GASSEN, D. N. **Parasitas, patógenos e predadores de insetos associados à cultura do trigo**. Passo fundo: Embrapa - trigo, 1986, 86 p. (Circular Técnica, 1).

GASSEN, D. N. **Controle Biológico de Pulgões de Trigo no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA - trigo, 1999. 36 p. (Circular Técnica).

GASSEN, D. N. Controle biológico de pulgões de trigo. In: **Documentos Siembra Directa en el Cono Sur**. Coord. R. D. Rossello. PROCISUR, 2001. p. 169-172.

GASSEN, D. N.; JACKSON, T. Some aspects of scarabaeid pest and their pathogens in Southern Brazil. In: JACKSON, T. A.; GLARE, T. R. **Use of pathogens in scarab management**. Andover, Hampshire: Intercept, 1992. p. 281-285.

GASTON, K. Global patterns in biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 220-227, 2000.

GILBERT, F. S. Ecomorphological relationships in hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Proceedings of the Royal Society of London B**, v. 224, p. 91-105, 1985.

\_\_\_\_\_. Foraging ecology of hoverflies: morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. **Ecological Entomology**, v. 6, p. 245-262, 1981.

GILBERT, F. S. **Hoverflies**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 66 p.

GOELLNER, C. I. **Pragas da aveia e seu controle**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22. Passo Fundo, 2002. Resultados experimentais. Passo Fundo: UPF, p.81-85. 2002.

GONÇALVES, C. R.; GONÇALVES, A. J. L. Observações sobre moscas da família Syrphidae predadoras de homópteros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 5, p. 3-10, 1976.

GORDON, R. D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of México. **Journal of New York Entomological Society**, v. 93, n. 1. p. 874-892, 1985.

GUAGLIUMI, P. Plagues of the cane hopper in Venezuela. **Monografias Fondo nacional de Investigaciones Agropecuarias**, v. 2, p.1-850, 1962.

- HAGVAR, E. B. Effectiveness of larvae of *Syrphus ribesii* and *S. corollae* (Diptera: Syrphidae) as predators on *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). **Entomophaga**, v. 19, n. 1, p. 123-134, 1974.
- HASLETT, J. R. Adult feeding by holometabolous insects: pollen and nectar as complementary nutrient sources for *Rhingia campestris* (Diptera: Syrphidae). **Oecologia**, v. 81, n. 3, p. 361-363, 1989.
- HEAD, G.; BROWN, C.R.; GROTH, M. E.; DUAN, J. J. Cry1Ab protein levels in phytophagous insects feeding on transgenic corn: implications for secondary exposure risk assessment. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 99, n. 1, p. 37-45, 2001.
- HELLMANN, J. J.; FOWLER, G. W. Bias, precision and accuracy of four measures of species richness. **Ecological Applications**, n. 9, p. 824-834. 1999.
- HENDRICKX, F.; MAELFAIT, J. P.; VAN WINGERDEN, W.; SCHWEIGER, O.; SPEELMANS, M.; AVIRON, S.; AUGENSTEIN, I.; BILLETER, R.; BAILEY, D.; BUKACEK, R.; BUREL, F.; DIEKÖTTER, T.; DIRKSEN, J.; HERZOG, F.; LIIRA, J.; ROUBALOVA, M.; VANDOMME, V.; BUGTER, R. How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 2, p. 340-351, 2007.
- HICKMAN, J. M.; WRATTEN, S. D. Use of *Phacelia tanacetifolia* strips to enhance biological control of aphids by hoverfly larvae in cereal fields. **Journal of Economic Entomology**, v. 89, n. 4, p. 832-840, 1996.
- HICKMAN, J. M., LOVEI, G. L., WRATTEN, S. D. Pollen feeding by adults of the hoverfly *Melanostoma fasciatum* (Diptera: Syrphidae). **New Zealand Journal of Zoology**, v. 22, n. 2, p. 387-392, 1995.
- HOGERVORST, P. A. M., WÄCKERS, F. L., ROMEIS, J. Detecting nutritional state and food source use in field-collected insects that synthesize honeydew oligosaccharides. **Functional Ecology**, v. 21, p. 936-946, 2007.
- HOLLAND, J.; FAHRIG, L. Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 78, p. 115-122, 2000.
- HOLZSCHUH, A.; DORMANN, C. F.; TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I. Expansion of mass-flowering crops leads to transient pollinator dilution and reduced wild plant pollination. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 278, p. 3444-3451, 2011.
- HOOD HENDERSON, D. E. Fine structure and neurophysiology of a gustatory sensillum on the ovipositors of *Metasyrphus venablesz* and *Eupeodes volucris* (Diptera: Syrphidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 60, p. 3187-3195, 1982.
- HOOD HENDERSON, D. E.; WELLINGTON, W. G. Antennal sensilla of some aphidophagous Syrphidae (Diptera): fine structure and electroantennogramme study. **Canadian Journal of Zoology**, v. 60, p. 3172-3186, 1982.
- HURVICH, C. M.; TSAI, C. L. Regression and time series model selection in small samples. **Biometrika**, v. 76, p. 297-307. 1989.

IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=856>>. Acesso em: 27 nov. 2013.

\_\_\_\_\_. **Recomendações técnicas para cultura do trigo no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1997. (Circular Técnica, 92).

JAUKER, F.; DIEKÖTTER, T.; SCHWARZBACH, F.; WOLTERS, V. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 4, p. 547-555, 2009.

KLEIJN D, VAN LANGEVELDE F. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. **Basic and Applied Ecology**, v. 7, p. 214-301, 2006.

KLEIJN, D.; BERENDSE, F.; SMIT, R.; GILISSEN, N. Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. **Nature**, v. 413, p. 723-725, 2001.

KLEIJN, D.; RUNDLOF, M.; SCHEPER, J.; SMITH, H.G.; TSCHARNTKE, T. Does conservation on farmland contribute to halt biodiversity decline? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, p. 474-481, 2011.

KOCH, R. L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. **Journal of Insect Science**, v. 32, n. 3, p. 1-16, 2003.

KRAUSS, J.; KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Effects of habitat area, isolation, and landscape diversity on plant species richness of calcareous grasslands. **Biodiversity & Conservation**, v. 13, n. 8, p. 1427-1439, 2004.

KRING, T. J.; KRING, J. B. Aphid fecundity, reproductive longevity, and parasite development in the *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae) - *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) system. **Canadian Entomologist**, v.120, p. 1079-1083, 1988.

KRUESS, A. Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. **Ecography**, v. 26, n.3, p. 283-290, 2003.

KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. **Science**, v. 264, n. 5165, p. 1581-1584, 1994.

\_\_\_\_\_. Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. **Oecologia**, v. 122, n. 1, p. 129-137, 2000.

LANDIS, D. A.; HAAS, M. J. Influence of landscape structure on abundance and within-field distribution of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larval parasitoids in Michigan. **Environmental Entomology**, v. 21, n.2, p. 409-416, 1992.

LANDIS, D. A.; MENALLED, F. D. 1998 Ecological considerations in the conservation of effective parasitoid communities in agricultural systems. In: BARBOSA, P. **Conservation biological control**. San Diego, CA: Academic Press., 1998. p. 101-121.

- LANDIS, D. A.; VAN DER WERF, W. Early-season predation impacts the establishment of aphids and spread of beet yellows virus in sugar beet. **Entomophaga**, v. 42, n. 4, p. 499–516, 1997.
- LANDIS, D.; MARINO, P. Landscape structure and extra field processes: impact on management of pest and beneficials. In: RUBERSON, J. R. **Handbook of pest management**. New York, NY: Marcel Dekker Inc., 1999. p. 79-104.
- LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pest sin agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 175-201, 2000.
- LANGER, V. The potential of leys and short rotation coppice hedges as reservoirs for parasitoids of cereal aphids in organic agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environmet**, v. 87, n.1, p. 81-92, 2001.
- LARRIVEE, M.; FAHRIG, L.; DRAPEAU, P. Edge effects created by wildfire and clear-cutting on boreal forest ground-dwelling spiders. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 5-6, p. 1434-1445, 2008.
- LEE, J. C., HEIMPEL, G. E.; LEIBEE, G. L. Comparing floral néctar and aphid honeydewdiets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 111, n. 3 189-199, 2004.
- LOUREIRO, E. S.; MOINO, Jr. A. Patogenicidade de fungos hifomicetos aos pulgões *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 660-665, 2006.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1981.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Estatística e Dados Básicos de Economia Agrícola**. Relatório de maio 2013, p.50, 2013. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/Estatistica/Estat%C3%ADticas%20e%20Dados%20B%C3%AAsicos%20de%20Economia%20Agr%C3%ADcola/Pasta%20de%20Maio%20-%202013.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Estatistica/Estat%C3%ADticas%20e%20Dados%20B%C3%AAsicos%20de%20Economia%20Agr%C3%ADcola/Pasta%20de%20Maio%20-%202013.pdf)> Acesso em: 03 dez. 2013.
- MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, p. 2184–2192. 2008.
- MAUDSLEY, M.; SEELEY, B.; LEWIS, O. Spatial distribution patterns of predatory arthropods within an English hedgerow in early winter in relation to habitat variables. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 89, n. 1-2, p. 77-89, 2002.
- MEDEIROS, M. A.; Schimidt, F. V. G.; Loíacono, M. S.; CARVALHO, V. F.; BORGES, M. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 397-401, 1997 .

- MEEHAN, T. D.; WERLING, B. P.; LANDIS, D. A.; GRATTON, C. 2011. Agricultural landscape simplification and insecticide use in the Midwestern United States. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 28, p.11500-11505, 2011.
- MEEK, B.; LOXTON, D.; SPARKS, T. H.; PYWELL, R. F.; PICKETT, H.; NOWAKOWSKI, M. The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. **Biological Conservation**, v. 106, n. 2, p. 259-271, 2002.
- MEJÍAS, D. Z.; HANSON, P. E.; STARÝ, P. Survey of the Aphid Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Costa Rica with Information on Their Aphid (Hemiptera: Aphidoidea): Plant Associations. **Psyche**, v.1, p. 1-7, 2010.
- MENEZES JÚNIOR, A. O.; PASINI, A. Perspectivas para uso do controle biológico para o uso do controle biológico por parasitóides e predadores no manejo de pragas de solo. In: REUNIÃO SULBRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 115-132. (Embrapa Soja. Documentos, 172).
- MEYER, B.; JAUKER, F.; STEFFAN-DEWENTER, I. Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. **Basic and Applied Ecology**, v. 10, n. 2, p. 178-186, 2009.
- MICHAUD, J. P.; BROWNING, H. W. Season abundance of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in Puerto Rico. **Florida Entomologist**, v. 82, p. 424-447, 1999.
- MILLÉO, J.; TESSEROLLI, J. M. S.; CASTRO, J. P.; CORRÊA, G. H. Coccinelídeos (Insecta: Coleoptera) presentes em hortaliças (Ponta Grossa - PR). **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 13, n. 2. p. 71-80, 2007.
- MORALES, J.; BURANDT, C. L. Interactions Between *Cycloneda sanguinea* and the Brown Citrus Aphid: Adult Feeding and Larval Mortality. **Environmental Entomology**, v. 14, n. 4. p. 520-522, 1985.
- MORÓN, M. A.; SALVADORI, J. R. Description of the adult and third-stage larva of a new species of Phyllophaga Harris from Southern Brazil (Coleoptera: Melolonthidae, Melolonthinae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 52, n. 4, p. 369-377, 1998.
- NEW, T. R. Neuroptera. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. **Aphids: Their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 249-258.
- NICHOLLS, C. I.; PARRELLA, M.; ALTIERI, M. A. The effects of a vegetational ;corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. **Landscape Ecology**, v. 16, n. 2, p. 133-146, 2001.
- OSTMAN, O. The relative effects of natural enemy abundance and alternative prey abundance on aphid predation rates. **Biological Control**, v. 30, n. 2, p. 281–287, 2004.
- PÉREZ-BAÑÓN, C.; ROTHERAY, G.; HANCOCK, G.; MARCOS-GARCÍA, M. A.; ZUMBADO, M. A. Immature stages and breeding sites of some neotropical saprophagous syrphids (Diptera: Syrphidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 96, n. 4, p. 458-471, 2003.

PETERSEN, M. K. The timing of dispersal of the predatory beetles *Bembidion lampros* and *Tachyporus hypnorum* from hibernating sites into arable fields. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 90, n. 2, p. 221-224, 1999.

PIMENTA, H. R.; SMITH, J. G. **Afídeos, seus danos e inimigos naturais em plantações de trigo (*Triticum sp.*) no Estado do Paraná**. Curitiba: OCEPAR, 1976. 175 p.

RAKSHANI, E; TALEBI, A. A; MANZARI, S; TOMANOVIĆ, Ž; STARÝ, P.; REZWANI, A. Preliminary taxonomic study of the genus *Praon* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) and its host associations in Iran. **Journal of Entomological Society of Iran**, v. 26, n. 2, p. 19-34, 2007.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, n. 142, p. 1141-1153. 2009.

RIEUX, R.; SIMON, S.; DEFRANCE, H. Role of hedgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 73, n. 2, p. 119-127, 1999.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, (Special Report n. 48). 1989. 21p.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera: Aphidiidae) em *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphidiidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.47, p.637-642, 2003.

SADEGHI, H.; GILBERT, F. Oviposition preferences of aphidophagous hoverflies. **Ecological Entomology**, v. 25, n. 1, p. 91-100, 2000.

SALVADORI, J. R. **Coró-do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000. 56 p. (Circular Técnica).

SALVADORI, J. R. **Controle biológico de pulgões no trigo: sucesso que perdura**. Passo Fundo, EMBRAPA, 1999. (Comunicado Técnico).

SALVADORI, J. R.; LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. S. **Cultivo do trigo: Pragas e métodos de controle**. Embrapa Trigo. 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/CultivodeTrigo/pragas.htm>>. Acesso em 15 dez. 2013.

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. B. Controle Biológico dos Pulgões do Trigo. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. S. (Ed.) **Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. **Manejo integrado dos pulgões de trigo**. Passo Fundo, Embrapa - CNPT, 2001. (Documentos, 34).

SARMENTO, R. A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SOUZA, O. F. F.; MOLINA-RUGAMA, A. J.; OLIVEIRA, C. L. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera:

Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 1, p. 121-126, 2007.

SATO, T.; TAKADA, H. Biological studies on three *Micromus* species in Japan (Neuroptera: Hemerobiidae) to evaluate their potential as biological control agents against aphids: Thermal effects on development and reproduction. **Applied Entomology and Zoology**, v. 39, n. 3, p. 417-425, 2004.

SCHMIDT, M. H.; TSCHARNTKE, T. Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in cereal fields. **Journal of Biogeography**, v. 32, n. 3, p. 467-473, 2005.

SCHWEIGER, O.; MUSCHE, M.; BAILEY, D.; BILLETER, R.; DIEKÖTTER, T.; HENDRICKX, F.; HERZOG, F.; LIIRA, J.; MAELFAI, J.-P.; SPEELMANS, M.; DZIOCK, F. Functional richness of local hoverfly communities (Diptera, Syrphidae) in response to land use across temperate Europe. **Oikos**, v. 116, p. 461-472, 2007.

SENGONCA, C.; KRANZ, J.; BLAESER, P. Attractiveness of three weed species to polyphagous predators and their influence on aphid populations in adjacent lettuce cultivations. **Journal of pest Science**, v. 75, n.6, p. 161-165, 2002.

SIEKMANN, G.; TENHUMBERG, B.; KELLER, M. A. Feeding and survival in parasitic wasps: sugar concentration and timing matter. **Oikos**, v. 95, n. 3, p. 425-430, 2001.

SILVA MAIA, W. J. M; CARVALHO, C. F; SOUZA, B. Exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 81-86, 2000.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 622p.

SOMMAGGIO, D. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 74, n. 1, p. 343-356, 1999.

SPEIGHT, M. C. D. Species accounts of European Syrphidae (Diptera). In: SPEIGHT, M. C. D.; CASTELLA, E.; SARTHOU, J.-P.; MONTEIL, C. *Syrph the Net on CD, Issue 5. The database of European Syrphidae*. Dublin: Syrph the Net Publications, 2006.

STÅHLS, G.; HIPPA, H.; ROTHERAY, G.; MUONA, J.; GILBERT, F. Phylogeny of Syrphidae (Diptera) inferred from combined analysis of molecular and morphological characters. **Systematic Entomology**, v. 28, n. 4, p. 433-450, 2003.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007.

STEENBERG, T; HUMBER, R. A. Entomopathogenic potential of *Verticillium* and *Acremonium* species (Deuteromycotina: Hyphomycetes). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 73, n.3, p. 309-314, 1999.

SUGIURA, N. Pollination of the orchid *Epipactis thunbergii* by syrphid flies (Diptera: Syrphidae). **Ecological Research**, v. 11, p. 249-255, 1996.

SWIFT, T. L.; HANNON, S. J. Critical thresholds associated with habitat loss: a review of the concept, evidence, and applications. **Biological Reviews**, v. 85, n. 1, p. 35-53, 2010.

TENHUMBERG, B.; POEHLING, H. M. Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: Aspects of their biology and efficacy in different years and regions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 52, p. 39-43, 1995.

TENHUMBERG, B. Estimating predatory efficiency of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) in cereal fields. **Environmental Entomology**, v. 24, p.687-691.1995.

THIES, C., ROSCHEWITZ, I.; TSCHARNTKE, T. The landscape context of cereal aphid-parasitoid interactions. **Proceedings B is the Royal Society's**, v. 272, n. 1559, p. 203-210, 2005.

THIES, C.,STEFFAN-DEWENTER, I.;TSCHARNTKE, T. Interannual landscape changes influence plant-herbivore-parasitoid interactions. **Agriculture Ecosystems and Environmen**, v. 125, p. 266-268, 2008.

THOMPSON, F. C. **Syrphidae**. Systema Dipteriorum, Version 1.0. 13194 records. 2010. Disponível em: <http://www.diptera.org/>. Acesso em 20 dez. 2013.

THOMPSON, F. C.; ZUMBADO, M. Flower flies of the sub-genus *Ocyptamus* (*Mimocalla* Hull) (Diptera: Syrphidae). **Proceedings of the entomological society of Washington**, v. 102, n. 4, p. 773-793, 2000.

THOMPSON, E. T. The flower flies of the West Indies (Diptera: Syrphidae). **Memoirs of the Entomological Society of Washington**, v. 9, p. 1-200, 1981.

THOMPSON, F. C.; THOMPSON, B. J.; FAIRMAN, J. E. Only in Costa Rica: new Neotropical flower flies (Diptera: Syrphidae). **Studia dipterologica**, v. 7, n. 1, p. 33-43, 2000.

THOMSON, L. J.; Hoffmann, A. A. Natural enemy responses and pest control: Importance of local vegetation. **Biological Control**, v. 52, n. 2, p. 160-166, 2010.

THOMPSON, F.C., ROTHERAY, G.E. AND ZIMBADO, M.A. **Syrphidae (flower flies)**. In: Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J.M., Wood, D.M., Woodley, Norman E. and Zumbado, M.A., *Manual of Central American Diptera*. Ottawa: NRC Research Press, pp.763-792. 2010.

TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; ANTONIO, C. D.; DOBSON, A.; HOWARTH, D. S.; SCHLESINGER, W. H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, p. 281-284, 2001.

TSCHARNTKE, T.; TYLIANAKIS, J. M.; RAND, T. A.; DIDHAM, R. K.; FAHRIG, L.; BATÁRY, P.; BENGTTSSON, J.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; DORMANN, C. F.; EWERS, R. W.; FRÜND, J.; HOLT, R. D.; HOLZSCHUH, A.; KLEIN, A. M.; KLEIJN, D.; KREMEN, C.; LANDIS, D. A.; LAURANCE, W.; LINDENMAYER, D.; SCHERBER, C.; SODHI, N.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C.; VAN DER PUTTEN, W. H.;

- WESTPHAL, C. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. **Biological Reviews**, v. 87, p. 661-685, 2012.
- TSCHARNTKE, T., RAND, T. A.; BIANCHI, F. J. J. A. The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. **Annales Zoologici Fennici**, v. 42, p. 421-432, 2005.
- TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KRUESS, A.; THIES, C. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. **Ecological Applications**, v. 12, p. 354-363, 2002.
- TSCHARNTKE, T., BATÁRY, P.; DORMANN, C. F. Set-aside management: how do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 143, p. 37-44, 2011.
- TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, p. 857-874, 2005.
- TYLIANAKIS, J. M.; DIDHAM, R. K.; WRATTEN, S. D. Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. **Ecology**, v. 85, p. 658-666, 2004.
- TYLIANAKIS, J. M.; TSCHARNTKE, T.; LEWIS, O. T. Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. **Nature**, v. 445, p. 202-205, 2007.
- VALENCIA, L.; CARDENAS, N. D. C. The aphids (Homoptera: Aphididae) of the Valley of Ica, their host plants and natural enemies. **Revista Peruana de Entomología**, v. 16, p. 6-14, 1973.
- VAN BUSKIRK, J.; WILLI, Y. Enhancement of farmland biodiversity within set-aside land. **Conservation Biology**, v. 18, p. 987-994, 2004.
- VANCE, N. C.; BERNHARDT, P.; EDENS, R. M. Pollination and seed production in *Xerophyllum tenax* (Melanthiaceae) in the cascade range of central Oregon. **American Journal of Botany**, v. 91, p. 2060-2068, 2004.
- VARCHOLA, J. M.; DUNN, J. P. Influence of hedgerow and grassy field borders on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) activity in fields of corn. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 153-163, 2001.
- VAZ, A. L.; TAVARES, M. T.; LOMÔNACO, C. Diversidade e tamanho de himenópteros parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 225-230, 2004.
- VEREIJKEN P. H. **Feeding and multiplication of three cereal aphid species and their effect on yield of winter wheat.** Agricultural Research Reports, Netherlands, 1979.
- VESSBY, K.; SÖDERSTRÖM, B.; GLIMSKÄR, A.; SVENSSON, B. Species-Richness Correlations of Six Different Taxa in Swedish Seminatural Grasslands. **Conservation Biology**, v. 16, n. 2, p. 430-439, 2002

WACHT S.; LUNAU K.; HANSEN K. Optical and chemical stimuli control pollen feeding in the hoverfly *Eristalis tenax*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 80, p. 50-53, 1996.

WACKERS, F. L. A comparison of néctar- and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. **Journal of Insect Physiology**, v. 47, p. 1077-1084, 2001.

WACKERS, F. L. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and néctar accessibility. **Biological Control**, v. 29, p. 307-314, 2004.

WHITE, A. J.; WRATTEN, S. D.; BERRY, N. A.; WEIGMANN, U. Habitat manipulation to enhance biological control of *Brassica pest* sby hover flies (Diptera: Syrphidae). **Journal Economic Entomology**, v. 88, p. 1171-1176, 1995.

WILDERMUTH, V. L.; WALTER, E. V. Biology and control of the corn leaf aphid with special reference to the south-western States. Technical Bulletin of the United States. **Department of Agriculture**, v. 306, p. 1-21, 1932.

YACHI, S.; LOREAU, M. Biodiversity and ecosystem functioning in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 96, p. 1463-1468, 1999.

ZABEL, J.; TSCHARNTKE, T. Does fragmentation of *Urtica* habitats affect phytophagous and predatory insects differentially? **Oecologia**, v. 116, p. 419-425, 1998.

ZHANG, G. Z.; FENG, M. G.; CHEN, C.; YING, S. H. Opportunism of *Conidiobolus obscurus* stems from depression of infection in situ to progeny colonies of host alatae as disseminators of the aphid-pathogenic fungus. **Environmental Microbiology**, v. 9, n. 6, p. 859-868, 2007.

ZHU, J.; PARK, K. C. Methyl Salicylate, a Soybean Aphid-Induced Plant Volatile Attractive to the Predator *Coccinella septempunctata*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 8, p. 1733-1746, 2005.

ZUNINGA, S. E. **Controle biológico dos afídeos do trigo (Homoptera: Aphididae) por meio de parasitoides no plantio médio do Rio Grande do Sul, Brasil**. 1982. 319 p. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A

Figuras representando a curva de suficiência amostral para cada um dos 18 campos de trigo amostrado. As linhas representam o estimador de riqueza de espécies Jackknife 2. No eixo X estão as semanas de amostragem (total de cinco semanas).

