

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

PARASITOIDES DE AFÍDEOS DE CEREAIS NO PLANALTO DO RIO GRANDE
DO SUL: ASPECTOS TAXONÔMICOS E POPULACIONAIS

Carlos Diego Ribeiro dos Santos
Engenheiro Agrônomo/IFRS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de concentração Sanidade Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Santos, Carlos Diego Ribeiro dos
PARASITOIDES DE AFÍDEOS DE CEREAIS NO PLANALTO DO
RIO GRANDE DO SUL: ASPECTOS TAXONÔMICOS E
POPULACIONAIS / Carlos Diego Ribeiro dos Santos. --
2020.

118 f.

Orientadora: Luiza Rodrigues Redaelli.

Coorientador: Douglas Lau.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2020.

1. Afídeos de cereais . 2. Parasitoides. 3.
Taxonomia. 4. Teias alimentares. 5. Especificidade
parasitoide hospedeiro. I. Redaelli, Luiza Rodrigues,
orient. II. Lau, Douglas, coorient. III. Título.

CARLOS DIEGO RIBEIRO DOS SANTOS
Bacharel em Agronomia - IFRS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 03.03.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 11.12.2020
Por

LUIZA RODRIGUES REDAELLI
Orientadora - PPG Fitotecnia
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

DOUGLAS LAU
Coorientador - Embrapa Trigo

JOSUÉ SANT'ANA
PPG Fitotecnia/UFRGS

JOSÉ ROBERTO SALVADORI
Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária/UPF

MARCUS VINÍCIUS SAMPAIO
Instituto de Ciência Agrárias/
UFU

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

“Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo,
é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com você”
Carl Sagan

A todas pessoas que sofreram algum tipo de preconceito na vida
À minha Mãe Matilde Graczik pelo cuidado e o sacrifício
À minha Avó Verônica Graczik pela sabedoria e pela fé
À minha Amiga Rosa Pacheco Lopes *in memoriam*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Ciência e a Deus...

À minha família,

Minha mãe Matilde e o seu marido Nelson, minha avó Verônica, meu pai Luís Carlos e a sua esposa Ivana, meus irmãos André Luís e Eduarda, meus tios, Claudemir e Galdino, meus padrinhos, Angelita e Vilmar, e aos meus afilhados, Nicholas, Vicente e Isabela, e o meu amigo Felipe. Muito obrigado por me aceitarem e fazerem deste mundo um lugar melhor.

À minha família de Porto Alegre, Dona Maritza, Seu Clóvis, toda a sua família e aos meus queridos amigos Luciano e a Cátiusa.

Aos meus amigos do coração Amanda, Jéssica, Jonny, Lia, Patrícia e a Raquel.

À minha orientadora Luiza Rodrigues Redaelli, pela oportunidade desta jornada, pela dedicação, pela amizade, por compartilhar momentos de sua linda história, que traz inspiração, uma Agrônoma forte que contribui para o controle biológico.

Ao meu coorientador Douglas Lau, pela prontidão e por me apresentar ao mundo científico com o entusiasmo de uma pessoa que ama o que faz.

À Dr^a Simone Jahnke, pelo zeloso acompanhamento e pela sua erudição.

Ao Dr. Paulo Pereira, pela ajuda e pela torcida para que este trabalho desse certo.

Ao Dr. Salvadori que me indicou para ser bolsista de Iniciação científica na Embrapa Trigo, obrigado por acreditar em mim, o senhor abriu a primeira porta.

Ao Dr. Marcus Sampaio, pela boa vontade de me ensinar a identificar os parasitoides e todo o apoio durante o mestrado.

Aos colegas dos laboratórios da UFRGS e da Embrapa Trigo, Anderson, Andrea, Augusto, Camila, Cláudia, Caroline, Ezequiel, Geluse, Jucélio, Jéssica, Juliana, Lucas, Mariana, Marília, Monique, Moniquéli, Natália, Nelson, Nicolas, Paloma, Priscila, Roberta T., Roberta R., Samuel, Suellen, Tacielly, Talita, Taynara, Tiago, Thais. Vocês transformaram os meus dias em Porto Alegre e em Passo Fundo, em dias felizes.

Ao Professor Josué Sant'Ana pelo olhar atento e aos pesquisadores do laboratório de Entomologia da Embrapa Dr. Alberto e Dr. Antônio pela convivência.

Às laboratoristas, Dr^a Vânia (Embrapa Trigo) pela amizade e a valiosa contribuição, importante destacar aqui, que as dúvidas levantadas por ela constituíram as raízes deste trabalho e a Me. Fernanda (UFRGS) pelo ágil auxílio.

Aos técnicos da Embrapa Trigo, Elias, Maria Elaine e Odirlei, pela cordialidade.

À UFRGS pelo ensino e capacitação.

À Embrapa Trigo pela oportunidade de viabilizar o experimento.

À CAPES pela bolsa de estudo.

Aos Brasileiros pagadores de impostos que financiam as Universidades Públicas, Empresas de Pesquisa e os Órgãos de Fomento.

PARASITOIDES DE AFÍDEOS DE CEREAIS NO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL: ASPECTOS TAXONÔMICOS E POPULACIONAIS

Carlos Diego Ribeiro dos Santos
Orientadora: Luiza Rodrigues Redaelli
Coorientador: Douglas Lau

RESUMO

Os pulgões (Hemiptera: Aphididae) que atacam cereais de inverno, danificam as plantas succionando a seiva, injetando saliva tóxica ou ainda transmitindo vírus que causam o nanismo amarelo em cereais. Na região de Passo Fundo, Rio Grande do Sul (RS), destacam-se os afídeos: *Rhopalosiphum padi* L. (Rp) e *Schizaphis graminum* Rondani (Sg) da tribo Aphidini; *Metopolophium dirhodum* Walker (Md) e *Sitobion avenae* Fabricius (Sa) de Macrosiphini. Durante o programa de controle biológico dos afídeos, promovido e realizado pela Embrapa Trigo, foram introduzidas doze espécies de parasitoides, no Brasil. Entretanto, em relação há 40 anos (início do programa) houve uma alteração na composição das espécies de afídeos e o reflexo disso nos parasitoides associados não é conhecido. Assim, os objetivos deste trabalho foram: (i) re-examinar o status taxonômico do grupo *Aphidius colemani* Vierek, em espécimes de parasitoides coletados pela Embrapa Trigo, (ii) inventariar as espécies de parasitoides, registrar índices de parasitismo e o grau de associação com os hospedeiros em condições de campo. A coleta de parasitoides foi feita com armadilhas Moericke, em Coxilha, RS, semanalmente (2009-2018). O inventário foi feito com o método de recrutamento de parasitoides, no qual um número conhecido de Rp, Sg, Md e Sa foi exposto a cada 21 dias em trigo, milho e aveia preta entre 08/2018 até 07/2019. *Aphidius platensis* (Brèthes) foi a espécie do grupo *A. colemani* identificada, correspondendo a 61,9% dos parasitoides coletados. As espécies introduzidas: *Aphidius ervi* Haliday, *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii e *Aphidius rhopalosiphii* De Stefani-Perez, ainda permanecem estabelecidas. *Aphidius platensis*, *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) e *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), autóctones da região Neotropical, que parasitam principalmente afídeos da tribo Aphidini. *Aphidius uzbekistanicus* e *A. ervi* preferiram parasitar Macrosiphini. *Aphidius rhopalosiphii* é altamente especializado em *M. dirhodum*, mas também pode parasitar Aphidini. Foram registrados os hiperparasitoides: *Alloxysta fuscicornis* (Hartig), *Phaenoglyphis villosa* (Hartig) (primeiro registro do Brasil) e *Syrphophagus* sp. Ashmead. Houve diferenças nas taxas de parasitismo entre o estágio vegetativo e reprodutivo do trigo e entre as espécies de afídeos. O parasitismo de afídeos foi menor no período de cultivo de milho (verão), do que em trigo (inverno-primavera) e em aveia preta (outono-inverno). As temperaturas de verão, possivelmente, afetam o índice de parasitismo e a composição da assembleia de parasitoides.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (118f.) Março, 2020

CEREAL APHID PARASITOIDS IN THE PLATEAU OF RIO GRANDE DO SUL: TAXONOMIC AND POPULATION ASPECTS

Carlos Diego Ribeiro dos Santos
Advisor: Luiza Rodrigues Redaelli
Co-advisor: Douglas Lau

ABSTRACT

Aphids (Hemiptera: Aphididae) that attack winter cereals, damage plants by sucking sap, injecting toxic saliva or even transmitting viruses that cause yellow dwarf disease. In the Passo Fundo, Rio Grande do Sul (RS), the common cereal aphids are: *Rhopalosiphum padi* L. (Rp) and *Schizaphis graminum* Rondani (Sg) from the Aphidini tribe; *Metopolophium dirhodum* Walker (Md) and *Sitobion avenae* Fabricius (Sa) from Macrosiphini. During the biological control program of wheat aphids, promoted and accomplished by Embrapa Trigo, twelve species of parasitoids were introduced in Brazil. However, in relation to that period there was a change in the composition of the aphid species and the consequences of this in the associated parasitoids is not known. Thus, the aims of this work were: (i) re-examine the taxonomic status of the *Aphidius colemani* Vierek group, collected by weekly monitoring (2009-2018) parasitoids using Moericke traps at Embrapa, (ii) inventory parasitoid species, record parasitism rates and the degree of association with hosts in field conditions. Parasitoids were monitored in Coxilha, RS. The inventory was made using the parasitoid recruitment method, in which a known number of Rp, Sg, Md and Sa, were exposed every 21 days in wheat, corn and black oats between 08/2018 until 07/2019. *Aphidius platensis* (Brèthes) was the species of the group *A. colemani* identified, corresponding to 61.9% of the parasitoids collected in Moericke traps. Three exotic species: *Aphidius ervi* Haliday, *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii and *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez still remain established. *Aphidius platensis*, *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) and *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), indigenous species of Neotropical region, which mainly parasitized aphids of the Aphidini tribe. *Aphidius uzbekistanicus* and *A. ervi* preferred to parasitize Macrosiphini. *Aphidius rhopalosiphi* is highly specialized in *M. dirhodum*, but it can also parasitize Aphidini. Three hyperparasitoids: *Alloxysta fuscicornis* (Hartig), *Phaenoglyphis villosa* (Hartig) (first record in Brazil) and *Syrphophagus* sp. Ashmead. There were differences in parasitism rates between the vegetative and reproductive stage of wheat and between aphid species. Aphid parasitism was lower in the corn (summer) growing period than in wheat (winter-spring) and black oats (autumn-winter). Summer temperatures possibly affected the parasitism index and the composition of the parasitoid's assemblage.

¹Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (118p.) March, 2020.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Afídeos de cereais	5
2.2 Principais espécies de afídeos de cereais de inverno no Planalto Médio do RS	5
2.2.1 <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.)	7
2.2.2 <i>Schizaphis graminum</i> (Rondani)	8
2.2.3 <i>Metopolophium dirhodum</i> (Walker)	8
2.2.4 <i>Sitobion avenae</i> (Fabricius)	9
2.3 Manejo e controle químico de afídeos em cereais de inverno.....	10
2.4 Controle biológico de afídeos de cereais de inverno com parasitoides	12
2.5 Histórico da problemática de afídeos de cereais de inverno e seu manejo no contexto brasileiro.....	14
2.6 Estudo do parasitismo e interações tróficas em redes ecológicas	18
2.8 Referências	20
3 ARTIGO 1 - Taxonomic status and population oscillations of <i>Aphidius colemani</i> species group (Hymenoptera: Braconidae) in Southern Brazil	28
Abstract	30
References	31
4 ARTIGO 2 - Cereal aphid host tribes (Aphididae), habitat modifications, temperature oscillations and the parasitizing specialization of associated Aphidiinae (Braconidae) assemblage in South of Brazil.....	35
Abstract.....	37
References	38
5 NOTA CIENTÍFICA 1 - First record of <i>Phaenoglyphis villosa</i> (Hartig, 1841) in Brazil (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae: Charipinae)	46
Abstract	48
Main Text	49
Acknowledgements	52
Authors Contributions	52
References	53
Figures	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7 APÊNDICES	60

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 1 Espécies de microhimenópteros parasitoides introduzidas pelo programa de controle biológico da Embrapa Trigo, registro das espécies estabelecidas no final do programa em Passo Fundo, 1983..... 15

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

NOTA CIENTÍFICA 1

- 1 *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841); **a** body lateral view; **b** mesopleuron (lateral view, mesopleural furrow, signaled with an arrow); **c** female antenna; **d** mesoscutum (scutellar foveae present, signaled with an arrow); **e** scutellum and propodeum; **f** pronotum..... 56
- 2 *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841); **a** forewing; **b** Radial cell partially open along anterior margin (signaled with an arrow) 56

1 INTRODUÇÃO

Os afídeos ou pulgões, Aphididae (Hemiptera), podem danificar as plantas cultivadas succionando a seiva no floema, injetando saliva tóxica ou ainda transmitindo vírus fitopatogênicos (Halbert & Voegtlin, 1995). Além disso, podem favorecer o crescimento de fungos fuliginosos (ascomicetos saprofíticos), que desenvolvem hifas de coloração escura sobre o *honeydew* excretado pelos afídeos e que resulta no recobrimento da área foliar (fumagina), impedindo a fotossíntese (Blackman & Eastop, 1984). As viroses têm importância econômica mundial de modo geral em plantas cultivadas e, em especial, nos cereais (Halbert & Voegtlin, 1995). O nanismo-amarelo, doença causada por espécies de *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) transmitidas por diversas espécies de afídeos, é a virose mais importante em cereais de inverno (Halbert & Voegtlin, 1995). A espécie viral predominante no Sul do Brasil é o BYDV-PAV (Parizoto *et al.*, 2013). A redução da produtividade em cultivares de trigo, recomendadas para o Rio Grande do Sul (RS), quando inoculadas com BYDV-PAV tem sido ao redor de 40 a 50% (Lau *et al.*, 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2019).

Na região do planalto de Passo Fundo, RS, são cultivados os cereais de inverno: trigo (*Triticum* sp.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), aveia-branca (*Avena sativa* L.), centeio (*Secale cereale* L.) e triticale (\times *Triticosecale* Wittmack). Os quatro principais afídeos de cereais de inverno vetores de BYDV são: *Rhopalosiphum padi* L., *Metopolophium dirhodum* Walker, *Schizaphis graminum*

Rondani e *Sitobion avenae* Fabricius (Lau *et al.*, 2009; Rebonatto *et al.*, 2015). As espécies *M. dirhodum*, *S. graminum* e *S. avenae*, quando registradas no Brasil, chegaram livres dos seus inimigos naturais específicos, próprios das regiões de origem, Ásia Europa e Oriente Médio (Zúñiga-Salinas, 1982).

Os danos causados por estes afídeos no RS se intensificaram no final da década de 1960, com a ampliação da área de trigo. Nessa época, o controle era realizado exclusivamente por inseticidas químicos (Caetano, 1973; Zúñiga-Salinas, 1982), o que resultava na eliminação constante dos inimigos naturais de pulgões. No Sul do Brasil, entre os anos de 1968 e 1976, o parasitismo natural em afídeos dos cereais era associado às espécies de himenópteros da família Braconidae, *Aphidius colemani* Vierek, *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) e *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Silva *et al.*, 1968; Pimenta & Smith, 1976). Entretanto, o controle biológico exercido por essas espécies era considerado ineficiente, devido ao pequeno número de parasitoides primários e ao alto índice de hiperparasitismo (Pimenta & Smith, 1976).

Diante desta situação e pelo sucesso alcançado com o programa de controle biológico de afídeos no Chile, a Embrapa Trigo, em 1978, em conjunto com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) introduziu o programa de Controle Biológico dos pulgões do trigo (Zúñiga-Salinas, 1982). Assim, 12 espécies de himenópteros parasitoides foram importadas das regiões de origem dos afídeos, produzidas massalmente e liberadas em lavouras de trigo, principalmente no Rio Grande do Sul e Paraná (Gassen & Tambasco, 1983; Salvadori & Tonet, 2001). Após a introdução dos parasitoides, algumas dessas espécies se estabeleceram e os índices de parasitismo dos afídeos na cultura do trigo superaram a meta esperada de 10-15% de afídeos parasitados (Zúñiga-Salinas, 1982).

Durante as décadas subsequentes à liberação dos parasitoides, ocorreram gradativamente mudanças nos sistemas de cultivo no RS, como a adoção do plantio direto, o uso da aveia preta, em cobertura verde e também utilizada como forragem. Ainda que não se possa precisar o impacto e a contribuição das mudanças climáticas, plantio direto, rotação de culturas, aumento das áreas com cobertura verde e pastagens, é fato que houve uma redução na população total de afídeos e uma alteração na densidade populacional das espécies predominantes. *Metopolophium dirhodum* que correspondia a 97% da população de afídeos em 1970, passou a representar 2% da população, em contraponto, *R. padi* que representava 0,3%, correspondeu a 57,6% dos pulgões capturados em armadilhas durante a safra de trigo de 2008 até 2010 (Rebonatto *et al.*, 2015). Como as populações de pulgões em cereais de inverno no Sul do Brasil mudaram (Rebonatto *et al.*, 2015) ao longo desses mais de 40 anos, hipotetiza-se que essa alteração também esteja refletida na composição das espécies de parasitoides associados.

Desta forma, os objetivos principais deste trabalho foram:

- (i) Re-examinar o status do grupo de espécies chamado de *A. colemani*, a partir de espécimes coletados a campo durante a introdução dos parasitoides no programa de controle biológico de afídeos e dos 10 anos do programa monitoramento com armadilhas Moericke (2009-2018), descrever a variação da densidade das populações dos parasitoides, e determinar a influência dos principais fatores meteorológicos que influenciam na densidade das populações dos parasitoides.
- (ii) Avaliar o parasitismo em afídeos de cereais em plantas de trigo ao longo do ciclo dos cultivos de trigo, milho e aveia preta; inventariar as espécies de parasitoides e hiperparasitoides associadas às diferentes espécies de afídeos ao longo do ciclo de cada uma das culturas; comparar a diversidade de

parasitoides associados a cada espécie de afídeo; registrar a taxa de parasitismo e a emergência nos afídeos expostos e; correlacionar o parasitismo com as condições meteorológicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Afídeos de cereais

Os afídeos, conhecidos popularmente por pulgões, fazem parte da ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e família Aphididae (Grazia *et al.*, 2012). São insetos hemimetábolos, com aparelho bucal adaptado sugador labial tetraqueta (picador-sugador), tamanho que pode variar de 1,5 – 3,5 mm de comprimento, podendo ser ápteros ou alados (Gullan & Cranston, 2017).

As espécies de afídeos que atacam os cereais são de origem Paleártica (Blackman & Eastop, 2000). No Brasil, os principais gêneros são: *Metopolophium* Mordvilko, *Rhopalosiphum* Koch, *Schizaphis* Börner, *Sipha* Passerini e *Sitobion* Mordvilko (Pereira *et al.*, 2009). No Rio Grande do Sul (RS), a primeira espécie registrada foi *S. graminum* no ano de 1933 (Reiniger, 1941), posteriormente houve o registro de *Rhopalosiphum maidis* Fitch (Ronna, 1934), *S. avenae* (Corseuil, 1959), *Rhopalosiphum pseudavenae* Patch (Biezanko & Baucke, 1948), sinonímia, possivelmente confundido com *R. padi* (Caetano, 1973), *M. dirhodum* (Caetano, 1973), *Rhopalosiphum rufiabdominalis* Sasaki (Fagundes, 1970), *Sipha flava* Forbes (Bertels, 1973) e *Sipha maydis* Passerini (Pereira *et al.*, 2009).

Os afídeos dos cereais podem danificar as plantas succionando a seiva no floema, injetando saliva tóxica (danos diretos) ou ainda transmitindo vírus fitopatogênicos (danos indiretos) (Halbert & Voegtlin, 1995). Espécies de *Barley yellow dwarf virus* (*Luteovirus*,

Luteoviridae) e *Cereal yellow dwarf virus* (*Polerovirus*, *Luteoviridae*) podem ser transmitidas pelos pulgões e causam o nanismo-amarelo que é uma virose de importância econômica mundial nos cereais (Halbert & Voegtlin, 1995). A severidade dos danos pode variar de acordo com a espécie de afídeo vetor, o nível populacional e o estágio de desenvolvimento das plantas (Salvadori & Tonet, 2001; Pereira *et al.*, 2009). Os principais componentes de produção afetados pelo nanismo-amarelo em trigo são o número de espigas, número de grãos por espiga e peso total de grãos (Salvadori & Tonet, 2001; Pereira *et al.*, 2009).

As espécies de afídeos que atacam cereais ocorrem em todas as regiões do Brasil onde estes são cultivados, sendo observados infestando espécies de Poaceae como o trigo, cevada, triticale, aveia, milho (*Zea mays* L.), centeio e sorgo (*Sorghum bicolor* L.), bem como outras gramíneas não cultivadas e pastagens (Salvadori & Tonet, 2001). Afídeos e vírus transmitidos (B/CYDV) na cultura do trigo sul do Brasil tem ocasionado uma redução média do rendimento de grãos ao redor de 20% quando nenhum controle químico é aplicado (Reunião, 2018).

2.2 Principais espécies de afídeos de cereais de inverno no Planalto Médio do RS

No Planalto Médio do RS destacam-se quatro espécies de afídeos de cereais vetoras de BYDV-PAV, *R. padi*, *S. graminum*, *M. dirhodum* e *S. avenae* (Lau *et al.*, 2009; Parizoto *et al.*, 2013). Para Passo Fundo (RS), no período de maio a novembro, entre os anos de 2008 e 2010, as populações dessas espécies tiveram uma abundância acima da média em semanas nas quais as chuvas variaram entre 0-20 mm e as temperaturas médias entre 15 e 20 °C (Rebonatto *et al.*, 2015).

2.2.1 *Rhopalosiphum padi* (L.)

Sinonímia: *Aphis padi* L.

Rhopalosiphum padi (conhecido popularmente como pulgão-do-colmo ou pulgão-da-aveia) coloniza o trigo em todos os estádios fenológicos, atacando toda a planta, preferencialmente o colmo, as vezes situa-se próximo ao solo, podendo ser confundido com *R. rufiabdominalis*, conhecido como pulgão-da-raiz (Salvadori & Tonet, 2001; Pereira *et al.*, 2009). Os afídeos ápteros desta espécie têm corpo ovalado, geralmente apresentando coloração verde-oliva-acastanhada, com mancha vermelha na base dos sífúnculos, sendo estes com cor mais escura que o corpo. As formas aladas apresentam o abdômen marrom claro a verde escuro (Pereira *et al.*, 2009).

A temperatura de 25 °C é a ideal para o desenvolvimento dessa espécie (Dean, 1974), embora existam variações populacionais. Em um levantamento a campo disponibilizando plantas de trigo, foi observado que em havendo hospedeiro disponível ao longo de todo o ano, o maior crescimento populacional foi obtido nos meses de verão, sugerindo que as temperaturas mesmo nos meses mais quentes desta região subtropical (22-28 °C), Passo Fundo, RS, não são detrimenais ao crescimento desta espécie (Wiest *et al.*, 2020).

A espécie teve uma eficiência de transmissão de isolados de BYDV (isolados oriundos das regiões tritícolas do Brasil) para aveia preta e trigo de 94,4% (Parizoto *et al.*, 2013). Os autores, em coletas realizadas de janeiro de 2009 até julho de 2010, em Coxilha, RS, nas culturas de aveia preta, trigo e milho, registraram que, em média, 12,7% dos afídeos amostrados eram virulíferos. Estes autores sugeriram que *R. padi*, dentre as espécies que atacam os cereais, é o principal vetor de BYDV-PAV, devido à sua

eficiência nos testes de transmissão de BYDV e por ser o vetor mais comum entre os afídeos que atacam os cereais.

2.2.2 *Schizaphis graminum* (Rondani)

Sinonímia: *Aphis graminum* Rondani; *Toxoptera graminum* (Rondani).

Schizaphis graminum, conhecido popularmente como pulgão verde, na cultura do trigo pode ocorrer desde a emergência, atacando colmo e folhas até a maturação da espiga (Salvadori & Tonet, 2001). As formas ápteras desta espécie têm corpo alongado, coloração amarelo esverdeada e com linha longitudinal no dorso mais escura, sífúnculos com a mesma cor do corpo, com ápices escurecidos, enquanto os alados têm cabeça e prótorax com coloração marrom clara (Pereira *et al.*, 2009).

A temperatura ideal de desenvolvimento desta espécie é 26 °C (Tofangsazi *et al.*, 2010). Esta espécie produz saliva tóxica que causa amarelecimento e manchas marrons nas superfícies das folhas de aveia, trigo e cevada (Salvadori & Tonet, 2001). Existem oito genes que codificam resistência por antibiose, antixenose e tolerância nas culturas de trigo e sorgo para *S. graminum* (Smith & Chuang, 2014).

Gray *et al.* (1998) demonstraram que clones de *S. graminum* originários do campo são capazes de transmitir BYDV-PAV em testes de transmissão direta em laboratório. No entanto, em levantamento feito a campo nas áreas tritícolas na região Sul do Brasil e em Mato Grosso do Sul para apurar a população viral de BYDV, nenhum dos 36 isolados virais analisados foi transmitido pelo clone de *S. graminum* utilizado (Parizoto *et al.*, 2013). Por outro lado, este afídeo é um vetor eficiente da estirpe viral SGV (Johnson & Rochow, 1972).

2.2.3 *Metopolophium dirhodum* (Walker)

Sinonímia: *Aphis dirhodum* Walker; *Macrosiphum dirhodum* (Walker).

A espécie ocorre no trigo, principalmente no estágio de alongação do colmo, estabelecendo colônia nas folhas e sendo popularmente conhecido como pulgão-da-folha (Salvadori & Tonet, 2001). Os indivíduos ápteros têm corpo fusiforme, com coloração verde pálida ou amarelo clara, dorso com linha longitudinal mais escura, sifúnculos cilíndricos e longos da mesma cor do corpo, enquanto os alados têm abdômen amarelo esverdeado (Pereira *et al.*, 2009).

A temperatura ideal para o desenvolvimento desta espécie é de 20 °C, a mais baixa dentre os principais afídeos que atacam os cereais (Dean, 1974).

Metopolophium dirhodum teve uma eficiência média de transmissão de 63,4% para isolados de BYDV, para aveia preta e trigo (isolados oriundos das regiões tritícolas do Brasil) (Parizoto *et al.*, 2013).

2.2.4 *Sitobion avenae* (Fabricius)

Sinonímia: *Aphis avenae* Fabricius; *Macrosiphum granarium* (Kirby)
Macrosiphum avenae Fabricius.

Na cultura do trigo, *S. avenae* ocorre principalmente no final da alongação do colmo até o final do espigamento, sendo popularmente conhecido como pulgão-da-espiga (Salvadori & Tonet, 2001). Os insetos ápteros têm coloração verde e sifúnculos negros; os alados apresentam esta mesma cor, com manchas escuras entre os segmentos dorsais (Pereira *et al.*, 2009). O ataque desta espécie em cereais de inverno pode trazer danos diretos, diminuindo a produção, já que estes pulgões preferem se alimentar das espigas, (Halbert & Voegtlin, 1995).). A temperatura ideal de desenvolvimento desse afídeo é 22,5 °C (Dean, 1974).

Sitobion avenae teve uma média de eficiência de transmissão de isolados de BYDV, para aveia preta e trigo de 76,1% (isolados oriundos das regiões tritícolas do Brasil), sendo a segunda espécie de importância dentro da assembleia de afídeos que atacam e transmitem BYDV-PAV em cereais de inverno no RS (Parizoto *et al.*, 2013).

2.3 Manejo e controle químico de afídeos em cereais de inverno

O controle químico dos afídeos é o mais utilizado e tem seguido as recomendações técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo (Reunião, 2018). Segundo esta fonte, as avaliações devem ser feitas semanalmente, amostrando-se no mínimo 10 pontos por talhão (área de talhão: pode variar, tamanho não estabelecido na indicação técnica), aleatoriamente na borda e no interior da lavoura. A aplicação de inseticidas na parte aérea das plantas (pulverização) deve ocorrer quando, em média, 10% de plantas estiverem infestadas com os pulgões (*R. padi*, *S. graminum*, *M. dirhodum* e *S. avenae*) no período de desenvolvimento fenológico que vai da emergência das plantas ao emborrachamento, porém quando as plantas estiverem no período fenológico que vai do espigamento ao grão em massa, o controle químico deve ser feito se forem encontrados em média 10 pulgões/espiga (Reunião, 2018). Os produtos registrados para as espécies *M. dirhodum*, *S. graminum*, *S. avenae* e *R. padi* no RS podem pertencer a diferentes grupos químicos como fosforados, neonicotínicos, sulfoximinas, metilcarbamatos de oxima, piretroides, éteres difenílicos, além de misturas de neonicotinoide + piretroide e neonicotinoide + metilcarbamato de oxima (BRASIL, 2019; RIO GRANDE DO SUL, 2020).

Considerando que os maiores danos ocorrem quando os afídeos transmitem o BYDV em início de ciclo do trigo, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos é indicado (Reunião, 2018).

Posteriormente ao plantio, o monitoramento é recomendado para a tomada de decisão de aplicação de inseticidas químicos, devido as oscilações populacionais anuais dos pulgões, influenciadas pelo ambiente, sendo que em anos secos e quentes, as populações de afídeos tendem a ser mais numerosas (Reunião, 2018, TrapSystem, 2019).

Populações de afídeos resistentes a inseticidas já foram detectadas desde meados da década de 1970 no meio oeste dos Estados Unidos (Smith *et al.*, 1985; Gao *et al.*, 2002). Por exemplo, em estudos de laboratório, foi verificado que *S. avenae* é mais resistente aos piricarbamatos que *R. padi* (Lu & Gao, 2009). Por outro lado, Bettaibi *et al.* (2016) constataram que *R. padi* oriundos do campo de diferentes regiões da Tunísia, tem baixa frequência nas mutações que alteram a rota metabólica da acetilcolinesterase ocasionando alta resistência aos inseticidas fosforados e carbamatos que tem como alvo esta rota metabólica. Em relação a *M. dirhodum*, Attalh & Emden (1993) verificaram que indivíduos desta espécie podem apresentar uma tolerância diferente aos organofosforados, dependendo do estágio fenológico do trigo. Estudos de laboratório também indicaram resistência em descendentes de *S. graminum*, oriundos de fêmeas expostas a organofosforados (Gao *et al.*, 2002). Na Inglaterra, em 2011, foi reportado por agricultores e técnicos, a ocorrência em cereais de afídeos da espécie *S. avenae* resistentes a piretroides, o que posteriormente foi comprovado em trabalhos conduzidos em laboratório (Foster *et al.*, 2014). *Sitobion avenae* tem genes que codificam mecanismo de resistência a carbamatos, por mutações associadas a acetilcolinesterase, o que torna esta espécie resistente a este grupo de inseticidas (Chen *et al.*, 2007).

Apesar do controle químico ser o mais utilizado, o controle biológico se mostra eficaz dentro do manejo integrado de pragas para controlar as populações de pragas resistentes a inseticidas (Parra *et al.*, 2002),

2.4 Controle biológico de afídeos de cereais de inverno com parasitoides

Os parasitoides de afídeos são os inimigos naturais mais eficientes e utilizados em programas de controle biológico para estas pragas agrícolas (Carver, 1989). O parasitismo envolve as etapas de localização do habitat do hospedeiro, forrageamento, reconhecimento de hospedeiro e a aceitação, resultando na oviposição (Vinson, 1998). Após a oviposição, no interior do corpo dos pulgões, as larvas eclodem e consomem o conteúdo interior deste, causando sua morte (Quicke, 1997). O hospedeiro morto pelas larvas, no caso de afídeos, é denominado múmia, as larvas empupam e as microvespas emergem das múmias (Gassen & Tambasco, 1983).

Os parasitoides primários e secundários de pulgões são da ordem Hymenoptera, das famílias Braconidae, Encyrtidae, Aphelinidae e Pteromalidae (Eastop & Van Emden, 1972; Melo *et al.*, 2012). Braconidae é a família que reúne o maior número de espécies associadas aos pulgões que atacam os cereais de inverno no RS (Salvadori & Salles, 2002). Os insetos desta família são cenobiontes (Eastop & Van Emden, 1972), tem entre 2 e 4 mm de comprimento, são solitários, apresentam alta capacidade reprodutiva (Eastop & Van Emden, 1972). Dentro de Braconidae, espécies da subfamília Aphidiinae são conhecidas como os principais parasitoides de afídeos de cereais para o sul do Brasil (Pereira & Salvadori, 2005). Algumas espécies de Aphidiinae são especialistas, associadas a uma ou poucas espécies hospedeiras, enquanto outras são generalistas em relação aos afídeos hospedeiros (Kavallieratos *et al.*, 2001; Tomanović *et al.*, 2009, Bennelli *et al.*, 2014; Derocles *et al.*, 2015).

Um dos primeiros registros de parasitoide associado aos afídeos de cereais no RS, foi *Aphidius brasiliensis* (Bréthes), parasitando *S. graminum*, na cultura do alpiste

(*Phalaris canariensis* L.) (Poaceae) (Reiniger, 1941). Porém, foi sugerido por Starý *et al.* (2007), um provável caso de sinonímia ou erro de identificação para este registro sendo indicada a probabilidade de tratar-se de *Aphidius colemani* Viereck, que faz parte de um grupo de três espécies, denominado *Aphidius colemani group* (Tomanović *et al.*, 2014).

No período entre 1968 e 1976, foi registrado o parasitismo natural em afídeos dos cereais em Ponta Grossa, PR, por *A. colemani* (*lato sensu*) associado a *M. dirhodum* e *S. avenae* (Pimenta & Smith, 1976). Entretanto, segundo estes autores o controle biológico exercido por esta espécie foi considerado ineficiente, devido à baixa abundância dos parasitoides primários emergidos de múmias coletadas e ao alto índice de hiperparasitismo. Neste mesmo trabalho, foram apontadas as seguintes espécies de hiperparasitoides: *Alloxysta fuscicornis* (Hartig) (Figitidae), uma espécie de *Pachyneuron* Walker (Pteromalidae) e de *Dendrocerus* Ratzeburg (Megaspilidae). Até o final dos anos 70, as espécies de parasitoides de Braconidae citadas para o Brasil foram *A. colemani lato sensu*, *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) e *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Silva *et al.*, 1968; Starý *et al.*, 2007).

Em relação ao controle biológico aplicado, para o Brasil não existe o registro para produção e comercialização de parasitoides de afídeos, diferentemente de países do hemisfério norte em especial os da Europa, nos quais os parasitoides do grupo *A. colemani* são comercializados (Bioline, 2019; Aphid Killer, 2019). Miller (2018) demonstrou que o controle biológico com parasitoides de afídeos tem menor custo anual de manejo e a mesma eficiência de controle de *R. padi* (liberações inundativas quinzenais) em experimento conduzido em estufas (7.620 m²) nos Estados Unidos da América, comparado ao controle químico com inseticidas do grupo dos neonicotinoides. Conforme os autores, o uso dos parasitoides correspondeu de 7 a 11% dos valores das aplicações dos inseticidas.

2.5 Histórico da problemática de afídeos de cereais de inverno e seu manejo no contexto brasileiro

Entre os anos de 1946 e 1967 ocorreu uma série de interferências do governo brasileiro no mercado agrícola que monopolizou a compra e venda de trigo na cadeia tritícola, nas quais o governo subsidiava a compra de trigo do agricultor e controlava o mercado da matéria prima da indústria de moinhos de trigo, o que resultou no incentivo e no aumento da área cultivada de trigo (BRASIL, 1946; 1951; 1962; 1967). Assim, de 1965 a 1979 a área colhida de trigo aumentou de 354.680 para 4.104.144 hectares, totalizando um aumento de 1.057,13 % (OCEPAR,1990; Salvadori & Salles, 2002). O aumento da área cultivada contribuiu para os surtos populacionais de *M. dirhodum* e *S. avenae* que estavam livres de seus inimigos naturais específicos, próprios das regiões de origem (Redaelli, 1957; Zúñiga-Salinas, 1982; Gassen & Tambasco, 1983). Os surtos se intensificaram no final da década de 1960 e início da de 1970, causando danos expressivos para a cultura do trigo no RS, (Redaelli, 1957; Zúñiga-Salinas, 1982; Gassen & Tambasco, 1983). Neste período, as práticas agronômicas para o controle dos afídeos eram exclusivamente químicas, gerando consequências negativas sobre os inimigos naturais dos afídeos e contribuindo para o aparecimento de populações de afídeos resistentes aos inseticidas (Zúñiga-Salinas, 1982). Durante as décadas de 1950, 1960 e 1970 os campos tritícolas do RS, receberam inúmeras aplicações de inseticidas químicos, desencadeando um círculo vicioso e tornando a triticultura dependente destes (Salvadori & Salles, 2002).

Em 1974, foi criado pelo governo Federal o Centro Nacional de Pesquisa do Trigo (CNPT), atualmente denominado Embrapa, Trigo, para coordenar as pesquisas com esta cultura. Neste mesmo período, o Chile havia obtido resultados exitosos com o programa de controle biológico de afídeos (Zúñiga-Salinas, 1982). Em 1978, o CNPT/EMBRAPA

promoveu, com o apoio da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), da Universidade da Califórnia (UCLA) e do Instituto Interamericano de Cooperação Agrícola (IICA), um programa de controle, usando o método clássico de controle biológico (Zúñiga-Salinas, 1983) cujo principal foco era controlar os afídeos da tribo Macrosiphini, *M. dirhodum* e *S. avenae*.

Durante o programa de controle biológico de afídeos do trigo, foram introduzidas 12 espécies de parasitoides (Tabela 1), totalizando 3,8 milhões de parasitoides liberados, nos cinco primeiros anos, nas regiões produtoras de trigo do sul do Brasil (Gassen & Tambasco, 1983). Zúñiga-Salinas (1982) considerou estabelecidas as espécies de Braconidae, *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii, sobre o pulgão *S. avenae* e *Aphidius rhopalosiphii* De Stefani-Perez e *Praon volucre* (Haliday) sobre, *S. avenae* e *M. dirhodum*.

TABELA 1. Espécies de microhimenópteros parasitoides introduzidas pelo programa de controle biológico da Embrapa Trigo, registro das espécies estabelecidas no final do programa em Passo Fundo, 1983.

Espécie parasitoide introduzida	Afídeo hospedeiro no país de origem	Procedência	Espécies estabelecidas parasitando espécies de afídeos
<u>Hymenoptera – Aphelinidae</u>			Sa*
<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman	Md	Chile	
<i>Aphelinus asychis</i> (Walker)	Md, Sa	França	
<i>Aphelinus varipes</i> Forster	Sg, Md	Hungria, França	
<u>Hymenoptera – Braconidae</u>			
<i>Aphidius colemani</i> Viereck	Md, Sa	França, Israel	Rp, Sg
<i>Aphidius ervi</i> Haliday	Sa, Md	França, Checoslováquia	
<i>Aphidius avenae</i> Haliday	Sg	Checoslováquia, Itália, Hungria	
<i>Aphidius rhopalosiphii</i> De Stefani-Perez	Sa, Md, Sg	Chile, Checoslováquia, França	Sa, Md
<i>Aphidius uzbekistanicus</i> Luzhetskii	Md	Itália	Sa
<i>Ephedrus plagiator</i> (Nees)	Sa, Md	França, Checoslováquia	
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)	Sg	Chile	
<i>Praon gallicum</i> Stary	Md	França	Md
<i>Praon volucre</i> (Haliday)	Md	França, Checoslováquia, Espanha	Sa, Md

Rp= *Rhopalosiphum padi*; Sg=*Schizaphis graminum*; Md=*Metopolophium dirhodum*; Sa=*Sitobion avenae*.

*Registros de *Aphelinus* Spp. parasitando *S. avenae* Fonte: Adaptado de (Zúñiga-Salinas, 1982; Gassen & Tambasco, 1983).

Os braconídeos *Aphidius ervi* Haliday, *Ephedrus plagiator* (Nees) e *Praon gallicum* Starý, por terem sido coletados em menor número, conforme Salvadori & Salles (2002), provavelmente não tenham se estabelecido de forma definitiva. Por outro lado, Starý *et al.* (2007) na revisão das espécies de parasitoides de afídeos para o Brasil, consideraram *A. ervi* estabelecida, o que já havia sido relatado por Mendes *et al.*, (2000). *Diaeretiella rapae*, não introduzida durante o programa, foi registrada parasitando *R. padi* e *S. graminum* na mesma região das liberações (Gassen & Tambasco, 1983).

Durante o programa de controle biológico, entretanto, ocorreu parasitismo secundário por espécies dos gêneros *Alloxysta* Förster (Figitidae), *Dendrocerus*, *Tetrastichus* Haliday (Eulophidae), *Asaphes* Walker e *Pachyneuron* (Pteromalidae) (Zúñiga-Salinas, 1982). O controle das populações de *M. dirhodum* por parasitoides, durante o período de 1978 até 1982, pode ter sido prejudicado, em alguns momentos, pela relação parasitoide-hiperparasitoide, podendo ser esta uma das razões para os aumentos das populações de *M. dirhodum* (Zúñiga-Salinas, 1982).

Até o ano 1982 o programa de controle biológico superou a meta esperada de parasitismo que era de 10 a 15% (Zúñiga-Salinas, 1982). Durante estes cinco anos de liberações foi constatado que o parasitoide *A. rhopalosiphi* apresentou amplo espectro de pulgões hospedeiros e as populações das espécies alvo do programa diminuíram em sua abundância (Zúñiga-Salinas, 1982). De 1982 até 1992, as liberações tiveram continuidade para os agricultores, cooperativas, clubes, sindicatos, secretarias municipais, agentes de assistência técnica pública e privada (Salvadori & Salles, 2002). Até 1987 a produção massal de parasitoides se concentrou em 10 espécies, *Aphelinus asychis* (Walker), *A. colemani*, *A. ervi*, *A. rhopalosiphi*, *A. uzbekistanicus*, *E. plagiator*, *L. testaceipes*, *P. gallicum* e *P. volucre*. Nos últimos cinco anos do programa (1987-1992) a produção foi

reduzida aos parasitoides: *A. asychis*, espécies de *Aphidius*, *E. plagiator* e espécies de *Praon* (Salvadori & Salles, 2002).

No período de 1970 a 1990, concomitantemente ao programa, ocorreu a adoção do sistema de plantio direto, considerado consolidado no final da década de 90 (Denardin *et al.*, 2008). Associado a este sistema, inúmeras espécies botânicas foram preconizadas para produção em rotação de culturas e para o pousio invernal, como a aveia preta que despontou pelo seu potencial para uso como pastagem de inverno (Denardin *et al.*, 2008). Além disso, na década 90 houve um decréscimo da área cultivada com trigo (CONAB, 2019) e o espaço dedicado a esta cultura foi ocupado pela aveia preta (Santos *et al.*, 2010), tornando-se a principal planta utilizada em cobertura verde (Bortuluzzi & Eltz, 2000).

Ao longo desses quase 50 anos (1970-2019), houve uma redução na densidade populacional total de afídeos e uma alteração no perfil populacional das espécies predominantes (Rebonatto *et al.*, 2015). *Metopolophium dirhodum* que correspondia a 97% da população de afídeos entre 1970-1977 (Caetano & Caetano, 1978), passou a representar 2% da mesma entre os anos de 2008 e 2010, em contraponto *R. padi* que representava 0,3%, correspondeu a 57,6% dos pulgões capturados em armadilhas durante a safra de trigo (Rebonatto *et al.*, 2015). Para os autores, a espécie pode ter se beneficiado com a mudança do sistema agrícola, utilizando as plantas de cobertura verde como hospedeiras (pontes verdes) nos períodos de entre-safras.

Os surtos populacionais que ocorriam nos meses de setembro e outubro da década de 1970 (Caetano & Caetano, 1978), estavam relacionados com a abundância de *M. dirhodum* que foi uma das espécies alvo do programa de controle biológico desenvolvido na década de 1980.

O número médio total de afídeos capturados em armadilha Moericke durante os últimos 10 anos ($n = 1.517,2$) (TrapSystem, 2019) correspondeu a 35% do que havia sido

coletado na década de 70 ($n = 4.309,3$) em sete anos (Caetano & Caetano, 1978). No período entre 2010 e 2019, os afídeos ocorreram em todos os meses do ano, com dois picos populacionais, um outonal (maior) e outro primaveril (menor) (TrapSystem, 2019).

2.6 Estudo do parasitismo e interações tróficas em redes ecológicas

Para que os programas de controle biológico de pragas tenham sucesso, é essencial entender o comportamento dos insetos e conhecer as interações multitróficas que ocorrem nos agroecossistemas (Mills & Wajnberg, 2008; Parra *et al.*, 2002). Mudanças no nível de paisagem, podem ter significantes consequências na ecologia e na evolução da estrutura da comunidade e nas interações tróficas dentro das redes ecológicas (Hoffmesiter *et al.*, 2005).

As interações das espécies são responsáveis por muitos mecanismos chaves que regulam a dinâmica das comunidades ecológicas (Ponisio *et al.*, 2019). Avaliar o efeito que os parasitoides têm sobre uma população hospedeira requer métodos para quantificar com precisão a proporção de hospedeiros suscetíveis ao parasitismo e o número que subsequentemente se torna parasitado (Van Driesche *et al.*, 1991). Contagens diretas de pragas já parasitadas é o método mais comum usado para avaliar o nível de inimigos naturais em sistemas de manejos de pragas, os quais informam as tendências sazonais do parasitismo (Van Driesche & Bellows, 1996). Em contraponto, o parasitismo calculado a partir de amostragens de campo, envolvendo a coleta direta de insetos já parasitados, é um valor limitado devido ao desconhecimento da população real de hospedeiros da área (Van Driesche *et al.*, 1991).

O método de recrutamento de parasitoides ou predadores é empregado para medir o parasitismo, no qual se utiliza um número conhecido de hospedeiros, que são expostos no campo (armadilhas vivas), por um período de tempo e o número de indivíduos

parasitados é registrado (Van Driesche *et al.*, 1991; Kidd & Jervis, 1996). Este método tem uma abordagem analítica simples para determinar a porcentagem do parasitismo, controlando as proporções de uma população hospedeira atacada por parasitoides, sendo um método analítico robusto, para calcular o percentual de parasitismo (Van Driesche *et al.*, 1991).

Para melhor compreender o nível de relação em uma cadeia trófica existem adaptações deste método que avaliam *per se* ou excluem a predação intraguilda, usando o método de recrutamento descrito acima. Chacón & Heimpel, 2009 avaliaram a competição intraguilda entre organismos que exploram o mesmo nicho alimentar e podem tornar-se competidores, os autores sugeriram que o controle biológico por *Binodoxys communis* (Gahan, 1926), pode ser afetado por predadores que consumem a mesma presa (*Aphis glycyines* Matsumura) em plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merr).

Outra forma de entender essas relações é o estudo das redes alimentares ou tróficas que são mapas das interações tróficas entre espécies, geralmente simplificadas em redes de espécies e nos *links* de energia entre elas (Thompson *et al.*, 2012). Conforme os autores, essas redes têm um conjunto de atributos que pode ser calculado para descrever a estrutura da cadeia alimentar e podem fornecer uma estrutura para a compreensão dos papéis ecológicos das espécies e dos mecanismos pelos quais a biodiversidade influencia as interações. As redes são construídas por *links* que representam as interações consumidor-recurso e são importantes resumos dos padrões de organização em comunidades (Morin, 2011). O uso de análises de rede concilia os estudos de biodiversidade e de ecologia de ecossistemas em função de uma única estrutura conceitual, fácil de ser visualizada (Thompson *et al.*, 2012).

Uma rede deve refletir uma comunidade onde as espécies têm o potencial de interagir (Ponisio *et al.*, 2019). Portanto, segundo os autores, é importante considerar a

escala espacial e temporal da amostragem em relação à ecologia das espécies em questão ao interpretar a estrutura da rede de interação. As comunidades de hospedeiros e parasitoides fornecem um bom sistema para o estudo de redes ecológicas, porque as ligações tróficas entre os hospedeiros e os parasitoides são relativamente fáceis de serem estabelecidas e quantificadas (Lewis *et al.*, 2002).

2.7 Referências

APHID KILLER-*Aphidius colemani* large pack min 500 parasites. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://www.amazon.co.uk/Aphid-Killer-aphidius-colemani-Large-parasites/dp/B000VPCZF2>. Acesso em: 1º nov. 2019.

ATTAH, P. K.; VAN EMDEN, H. F. The susceptibility to malathion of *Metopolophium dirhodum* on two wheat species at two growth stages, and the effect of plant growth regulators on this susceptibility. **International Journal of Tropical Insect Science**, Wallingford, v. 14, n. 1, p. 101–106, 1993.

BENELLI, G. *et al.* Cues Triggering mating and host-seeking behavior in the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae): implications for biological control. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 107, n. 6, p. 2005–2022, 2014.

BERTELS, A. **Revisão de afídeos no Rio Grande Do Sul**. Pelotas: Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul, 1973. (Boletim técnico, 84).

BETTAIBI, K. *et al.* A novel method for molecular targeting of insecticide resistance in *Rhopalosiphum padi* L. (Homoptera: Aphididae). **International Journal of Pest Management**, Abingdon, v. 62, n. 4, p. 284–287, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09670874.2016.1185190>. Acesso em: 13 set. 2018.

BIEZANKO, C. M.; BAUCKE, O. Nomes populares de homópteros do Rio Grande do Sul. **Agros**, [Pelotas], v.1, p. 249-254, 1948.

BIOLINE. **Aphiline, *Aphidius colemani* (Braconid wasp)**. Essex: Bioline AgroSciencesBioline, 2019. Disponível em: <https://www.biolineagrosciences.com/products/aphiline/>. Acesso em: 1º nov. 2019.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world crops**. 2nd ed. Chichester: John Wiley, 2000.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em

sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 449–457, 2000.

BRASIL. Lei nº 9.879, de 16 de setembro de 1946. Estabelece preços mínimos para financiamento ou aquisição dos cereais e gêneros de primeira necessidade de produção nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Rio de Janeiro, p. 13001, 17 set. 1946. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/De19879.htm. Acesso em: 16 dez. 2019.

BRASIL. Lei nº 1.470, de 17 de novembro de 1951. Autoriza o poder executivo a abrir, pelo ministério da agricultura, o crédito, para atender despesas em relação ao trigo. **Diário Oficial da União: seção 1**, Rio de Janeiro, p. 17089, 21 nov. 1951. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/11470.htm. Acesso em: 16 dez. 2019.

BRASIL. Lei nº 3, de 26 de setembro de 1962. Altera dispositivos de decreto número 1.102, de 21 de novembro de 1903, e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, p. 10070, 27 set. 1961. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/Ldl/Ldl03.htm. Acesso em: 16 dez. 2019.

BRASIL. Lei nº 210, de 27 de fevereiro de 1967. Estabelece normas para o abastecimento de trigo, sua industrialização e comercialização e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, p. 2354, 27 fev. 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1965-1988/De10210.htm. Acesso em: 16 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários – AGROFIT**. Brasília, DF, 2019. Base de Dados. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 16 dez. 2019.

CAETANO, V. R. **Estudos sobre os afídeos vetores do vírus do nanismo amarelo da cevada, em especial de *Acyrtosiphon dirhodum*, em trigo no Sul do Brasil**. 1973. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1973.

CAETANO, V. R. Variações sazonais de pulgões de trigo. *In*: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Solos e técnicas culturais, economia e sanidade**. Passo Fundo, 1978. v. 2, p. 102-114. Trabalho apresentado na X Reunião Anual Conjunta de Pesquisa de Trigo, Porto Alegre, 1978.

CARVER, M. Biological control of aphids. *In* MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 141-165.

CHACÓN, J. M.; HEIMPEL G. E. Density-dependent intraguild predation of an aphid parasitoid. **Oecologia**, Berlin, v. 164, p. 213-220, 2010.

CHEN, M. *et al.* Mutations in acetylcholinesterase genes of *Rhopalosiphum padi* resistant to organophosphate and carbamate insecticides. **Genome**, Ottawa, v. 50, n. 2,

p. 172–179, 2007. Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/G07-021>. Acesso em: 13 set. 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Série Histórica** – Dashboard. Brasília, DF, [2019]. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-dashboard>. Acesso em: 16 dez. 2019.

CORSEUIL, E. Pragas do trigo. **Boletim da Escola Técnica de Viamão**, Viamão, v. 2, n. 4, p. 51-57, 1958.

DEAN, G. J. The four dimensions of cereal aphids. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v. 77, n. 1, p. 74-78, 1974.

DENARDIN, J. E. *et al.* Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 1251-1273.

DEROCLES, S. A. P. *et al.* Molecular analysis reveals high compartmentalization in aphid–primary parasitoid networks and low parasitoid sharing between crop and noncrop habitats. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 23, n. 15, p. 3900-3911, 2015.

FAGUNDES, A. C. Pulgão da raiz do trigo. **Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v. 10, p. 27-30, 1970.

FOSTER, S. P. *et al.* A mutation (L1014F) in the voltage-gated sodium channel of the grain aphid, *Sitobion avenae*, is associated with resistance to pyrethroid insecticides. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 70, n. 8, p. 1249–1253, 2014. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/ps.3683>. Acesso em: 13 set. 2018.

FRANCO, F.; EVANGELISTA, A. (ed.). **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2018: 11ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**: Cascavel, PR, 26 e 27 de julho de 2017. Cascavel: COODETEC, 2018. 258 p.

GAO, J.-R.; KAMBHAMPATI, S.; ZHU, K. Y. Molecular cloning and characterization of a greenbug (*Schizaphis graminum*) cDNA encoding acetylcholinesterase possibly evolved from a duplicate gene lineage. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 32, n. 7, p. 765–775, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096517480100159X>. Acesso em: 13 set. 2018.

GASSEN, D. N.; TAMBASCO, F. J. Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 104, p. 49-51, 1983.

GRAY, S. *et al.* Barley yellow dwarf luteoviruses and their predominant aphid vectors in winter wheat grown in South Carolina. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 1328-1333, 1998.

GRAZIA, J. *et al.* Hemiptera. *In*: CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p. 348-405.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017. p. 386-387.

HALBERT, S.; VOEGTLIN, D. Biology and taxonomy of vectors of barley yellow dwarf viroses. *In*: D'ARCY, C. J.; BURNETT, P. A. (ed.). **Barley yellow dwarf: 40 years of progress**. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1995. p. 212-257.

HOFFMEISTER, T. S. *et al.* Ecological and evolutionary consequences of biological invasion and habitat fragmentation. **Ecosystems**, New York, v. 8, n. 6, p. 657-667, 2005.

JOHNSON, R. A.; ROCHOW, W. F. An isolate of barley yellow dwarf virus transmitted specifically by *Schizaphis graminum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 62, p. 921-925, 1972.

KAVALLIERATOS, N. G. *et al.* The aphidiinae (Hymenoptera: Ichneumonoidea: Braconidae) of Greece. **Phytoparasitica**, Dordrecht, v. 29, n. 4, p. 306-340, 2001.

KIDD, N. A. C.; JERVIS, M. A. Population dynamics. *In*: JERVIS, M.; KIDD, N. (ed.). **Insects as natural enemies: practical approaches to their study and evaluation**. Dordrecht: Chapman & Hall, 1996. p. 293-374.

LAU, D.; Pereira, P. R. V. S.; CASTRO, R. L. Ensaio Estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2012 - Reação ao Barley yellow dwarf virus. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 8., 2013, Londrina. **Resumos** [...]. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134147/1/ID43448-2013reuniaotrigo-melhoramento74-1.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

LAU, D.; Pereira, P. R. V. S.; CASTRO, R. L. Ensaio Estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2013 - Reação ao Barley yellow dwarf virus. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8., 2014, Canela, RS. **Atas e Resumos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127092/1/2014melhoramentotrabalho54.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. S.; CASTRO, R. L. Ensaio Estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2014 - Reação ao Barley yellow dwarf virus. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 9., 2015, Passo Fundo. **Atas e Resumos**. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127231/1/2015melhoramentotrabalho91.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. S.; CASTRO, R. L. Ensaio Estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2015 - Reação ao BYDV. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO

BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. **Anais** [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158122/1/ID44005-2016RCBPTT10LAU71.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

LAU, D. *et al.* Ensaio Estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2016 - Reação ao BYDV. *In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE*, 11., 2017, Cascavel. **Resumos expandidos** [...]. Cascavel: Coodetec, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165252/1/ID44142-2017PCReuniaoTrigoResumosExpandidosp211.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

LAU, D. *et al.* Ensaio Estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2018 - Reação ao BYDV. *In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE*, 12., 2018, Passo Fundo. **Ata e resumos** [...]. Passo Fundo: Projeto Passo Fundo, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1110880/1/ID446452019RCBP TT2AtasResumos2018p497.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

LAU, D.; SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. S. **Nanismo amarelo em cereais de inverno**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (Documentos Online Embrapa, v. 81). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/852537/1/pdo81.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

LAU, D. *et al.* **Ocorrência do Barley/Cereal yellow dwarf virus e seus vetores em cereais de inverno no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul em 2008**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. (Comunicado técnico, 256). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co256.htm. Acesso em: 25 jan. 2020.

LEWIS, O. T. *et al.* Structure of a diverse tropical forest insect–parasitoid community. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 71, n. 5, p. 855-873, 2002.

LU, Y.; GAO, X. Multiple mechanisms responsible for differential susceptibilities of *Sitobion avenae* (Fabricius) and *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) to pirimicarb. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 99, n. 6, p. 611-617, 2009. Disponível em: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0007485309006725. Acesso em: 13 set. 2018.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. R. Hymenoptera. *In: CONSTANTINO, R. Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p. 553-612.

MENDES, S. *et al.* Diversidade de pulgões e de seus parasitóides e predadores na cultura da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1305-1310, 2000.

MILLER, P.; LEE, T. **Evaluation of the *Aphidius colemani*-*Rhopalosiphum padi* Banker Plant System in Greenhouse Biological Control**. 2018. Tese (Doutorado em

Filosofia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade Federal do Oklahoma, Stilwater, 2018.

MILLS, N. J.; WAJNBERG, E. Optimal foraging behavior and efficient biological control methods. *In*: WAJNBERG, E.; BERNSTEIN, C.; ALPHEN, J. (ed.). **Behavioral ecology of insect parasitoids: from theoretical approaches to field applications**. Hong Kong: John Wiley, 2008. p. 4-30.

MORIN P. J. **Community ecology**. 2nd ed. Malden: Blackwell Science, 2011. 413 p.

OCEPAR - SINDICATO E ORGANIZAÇÃO DE COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Trigo, produção, industrialização e comercialização**. Curitiba: OCEPAR, 1990. 65 p.

PARIZOTO, G. *et al.* Barley yellow dwarf virus-PAV in Brazil: seasonal fluctuation and biological characteristics. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 11-19, 2013. Disponível em: www.sbfito.com.br. Acesso em: 13 set. 2018.

PARRA, J. R. P. *et al.* Controle biológico: terminologia. *In*: PARRA, J. R. P. *et al.* (ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 1, p. 1-16.

PEREIRA, P. R. V. da. S.; SALVADORI, J. R. **Identificação dos principais parasitoides (Hymenoptera: Aphelinidae e Braconidae, Aphidinae) envolvidos no controle biológico de pulgões (Hemiptera: Aphididae) em trigo no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. (Comunicado técnico, 22).

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R.; LAU, D. **Identificação de adultos ápteros e alados das principais espécies de afídeos (Hemiptera: Aphididae) associadas a cereais de inverno no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. (Comunicado técnico, 258). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/823023/1/pco258.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

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.

PONISIO, L. C. *et al.* A network perspective for community assembly. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Lausanne, v. 7, [art.] 103, p. 1-11, Apr. 2019.

QUICKE, D. L. J. **Parasitic wasps**. London: Chapman & Hall, 1997.

REBONATTO, A.; SALVADORI, J. R.; LAU, D. Temporal changes in cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) populations in northern Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 7, n. 10, p. 71-78, 2015. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=ECAB720A6F828048ECB9B851988919B3?doi=10.1.1.818.6866&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

REDAELLI, D. C. O Pulgão verde dos cereais. **Boletim do Campo**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 3-7, 1957.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo, RS. **Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2019**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

REINIGER, C. H. Uma ameaça para os trigais do Sul. Combate biológico dos pulgões (afídeos). **Chácaras e Quintais**, São Paulo, v. 64, p. 697-699, 1941.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. **SIG@-Sistema Integrado de Gestão de Agrotóxicos**. Porto Alegre, [2020]. Base de Dados. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/sig-clique-aqui>. Acesso em: 9 jan. 2020.

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. B. Controle biológico dos pulgões do trigo. *In*: PARRA, J. R. P. *et al.* (ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 26, p. 427-447.

SALVADORI, J.; TONET, G. **Manejo integrado dos pulgões de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Embrapa Trigo. Documentos, 34). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/820438/1/Manejointegradospulgoesdetrigo.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; SPERA, S. T. A importância dos cereais de inverno para os sistemas agrícolas. *In*: SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; SPERA, S. T. (ed.). **Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. cap 1, p. 19-41.

SILVA, A. G. A. *et al.* **Quarto catálogo de insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. pt. 2, t. 3.

SMITH, C. M.; CHUANG, W.-P. Plant resistance to aphid feeding: behavioral, physiological, genetic and molecular cues regulate aphid host selection and feeding. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 70, n. 4, p. 528–540, 2014. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/ps.3689>. Acesso em: 13 set. 2018.

SMITH, R. G.; ARCHER, T. L.; BYNUM, E. D. Low-rate applications of insecticides for greenbug (Homoptera: Aphididae) control and effect on beneficial insects on sorghum. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 78, n. 4, p. 988–991, 1985. Disponível em: <http://academic.oup.com/jee/article/78/4/988/2214438/Lowrate-Applications-of-Insecticides-for-Greenbug>. Acesso em: 13 set. 2018.

STARÝ, P. Aphidiidae. *In*: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989a. p. 171-182.

STARÝ, P. Aphelinidae. *In*: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989b. p. 185-187.

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

SULLIVAN, D. J. S. J. Hyperparasites. *In*: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 189-201.

THOMPSON, R. M. *et al.* Food webs: reconciling the structure and function of biodiversity. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 27, n. 12, p. 689-697, 2012.

TOFANGSAZI, N. *et al.* Temperature-dependent life history of *Schizaphis graminum* on barley. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 63, n. 1, p. 79-84, 2010.

TOMANOVIĆ, Ž. *et al.* Regional tritrophic relationship patterns of five aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in agroecosystem-dominated landscapes of southeastern Europe. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 102, n. 3, p. 836-854, 2009.

TOMANOVIĆ, Ž. *et al.* Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **Bulletin of Entomological Research**, Wallingford, v. 104, n. 5, p. 552-565, 2014.

TRAP SYSTEM. **Trap system, IF-SUL**. [S.l.], 2018. Disponível em: <http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/index.php>. Acesso em: 13 set. 2018.

VAN DRIESCHE, R. G. *et al.* The meaning of percentage parasitism revisited: solutions to the problem of accurately estimating total losses from parasitism. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 1-7, 1991.

VAN DRIESCHE, R. G.; BELLOWS, T. S. Biology of arthropod parasitoids and predators. *In*: VAN DRIESCHE, R. G.; BELLOWS, T. S. **Biological control**. Boston: Springer, 1996. p. 309-336.

VINSON, S. B. The general host selection behavior of parasitoid hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control**, Orlando, v. 11, n. 2, p. 79-96, 1998.

WIEST, R. *et al.* Population growth of *Rhopalosiphum padi* under different thermal regimes: an agent-based model approach. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, 23 Aug. 2020. Publicação *online*. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/afe.12404>. Acesso em: 23 set. 2020.

ZUÑIGA-SALINAS, E. S. **Controle biológico dos afídeos do trigo (Homoptera: Aphididae) por meio de parasitoides no planalto médio do Rio Grande do Sul, Brasil**. 1982. Tese (Doutorado em Entomologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

3 ARTIGO 1

Taxonomic status and population oscillations of *Aphidius colemani* species group (Hymenoptera: Braconidae) in Southern Brazil*

*Artigo formatado conforme as normas do periódico Neotropical Entomology

Aceito para a publicação em 02 de setembro de 2019, publicado em 10 de dezembro de 2019

Versão completa disponível no site da revista: DOI: [10.1007/s13744-019-00716-2](https://doi.org/10.1007/s13744-019-00716-2)

Taxonomic status and population oscillations of *Aphidius colemani* species group (Hymenoptera: Braconidae) in Southern Brazil

CDRD Santos¹, MV Sampaio², D Lau³, LR Redaelli¹, SM Jahnke¹, J Pivato³, FJ Carvalho²

¹ Posgraduate Program in Plant Science, Faculty of Agronomy, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

² Agricultural Sciences Institute, Federal University of Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

³ Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil

CORRESPONDENCE

Carlos Diego Ribeiro dos Santos

carlos.diego@ufrgs.br

carlosdiegoribeirodosantos@gmail.com

Phone number: +55 (54) 984476029

RUN TITLE

Taxonomic status and population oscillations of *Aphidius colemani*

ORCID NUMBER

First author: 0000-0002-7410-9864

ABSTRACT - *Aphidius colemani* (Viereck) was reported in Brazil before the Biological Control Program of Wheat Aphids (BCPWA) when Mediterranean genotypes were introduced from France and Israel. This species was re-described as a complex called *A. colemani* group composed of three species. Consequently, uncertainty remains about which parasitoid of the group is occurring in southern Brazil. This study has two main objectives: (i) re-examine the species status of *A. colemani* group collected during the introduction of parasitoids and from a 10-year (2009-2018) monitoring program in wheat fields in northern Rio Grande do Sul (RS), Brazil; (ii) describe the variation in the population density of parasitoids and its association with meteorological factors during this period. We examined 116 specimens from the Embrapa Wheat entomological collection, and those collected in Moericke traps in Coxilha, RS. All the parasitoids of the *A. colemani* group from the BCPWA period were identified as *Aphidius platensis* (Brèthes). In traps, 6,541 cereal aphid parasitoids were collected, of which 61.9 % (n = 4,047) were from *A. colemani* group and all those were identified as *A. platensis*. Temperature was the factor that effected population density with the highest number of parasitoids recorded in the winter months. Sex ratio changed between years varying from 0.50 to 0.97. The parasitoid *A. platensis* was the only species in the *A. colemani* group sampled during 10 years of monitoring.

Key words: cereal aphid, parasitoids, taxonomy, cryptic taxa

REFERENCES

- Alves LFA, Prestes T, Zanini A, Dalmolin MF, Menezes Jr AdO (2005) Controle biológico natural de pulgões (Hemiptera: Aphididae) em lavoura de trigo por parasitóides (Hymenoptera, Aphidiinae), no município de Medianeira, PR, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias* 26: 155-160
- Auad AM, Bueno VH, Kato CM, Gamarra DC (1997) Ocorrência e flutuação populacional de predadores e parasitóides de *Brachycaudus (Appelia) schwartzi* (Börner)(Homoptera: Aphididae) em pessegueiro. *An Soc Entomol Brasil* 26:257-263
- Bartoszeck AB (1976) Afídeos da ameixeira (*Prunus domestica* L.) e pessegueiro (*Prunus persita* sto.), seus predadores e parasitas. *Acta Biológica Paranaense* 5 doi:10.5380/abpr.v5i0.900
- Dyer LA, Richards LA, Short SA, Dodson CD (2013) Effects of CO₂ and Temperature on Tritrophic Interactions. *PLoS ONE* 8:e62528 doi:10.1371/journal.pone.0062528
- Eady R (1969) A new diagnostic character in *Aphidius* (Hymenoptera: Braconidae) of special significance in species on pea aphid. *Proc. R. Entomol. Soc.. Series B, Taxonomy*,. vol 11-12:165-173 doi:10.1111/j.1365-3113.1969.tb00224.x
- Elliott N, French B, Burd J, Kindler S, Reed D (1994) Parasitism, adult emergence, sex ratio, and size of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae) on several aphid species. *Great Lakes Entomol* 27:2
- Frank SD (2010) Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biol. Control* 52:8-16 doi:https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.09.011
- Gillespie DR, Nasreen A, Moffat CE, Clarke P, Roitberg BD (2012) Effects of simulated heat waves on an experimental community of pepper plants, green peach aphids and two parasitoid species. *Oikos* 121:149-159 doi:10.1111/j.1600-0706.2011.19512.x
- Gravena S (1979) Population dynamics of the greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera, Aphididae) and its natural enemies associated with grain sorghum in Jaboticabal, Sao Paulo, Brazil. *An Soc Entomol Brasil* 8:325-334
- Harrington R, Woiwod I, Sparks T (1999) Climate change and trophic interactions. *Trends Ecol Evol* 14:146-150 doi:https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01604-3
- Hoover JK, Newman JA (2004) Tritrophic interactions in the context of climate change: a model of grasses, cereal aphids and their parasitoids. *Glob Change Biol* 10:1197-1208 doi:10.1111/j.1529-8817.2003.00796.x
- Jandricic SE, Dale AG, Bader A, Frank SD (2014) The effect of banker plant species on the fitness of *Aphidius colemani* Viereck and its aphid host (*Rhopalosiphum padi* L.) *Biol Control* 76:28-35 doi:https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.04.007
- Jarošík V, Holý I, Lapchin L, Havelka J (2003) Sex ratio in the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) in relation to host size. *Bull Entomol Res* 93:255-258 doi:10.1079/BER2003229
- Kambhampati S, Mackauer M (1988) Intra-and interspecific morphological variation in some *Aphidius* species (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitic on the pea aphid in North America. *Ann Entomol Soc Am* 81:1010-1016

- L'Heureux M (2018) An Overview of the 2016-17 La Niña and Return to Neutral Conditions Climate Prediction. <https://www.nws.noaa.gov/ost/climate/STIP/42CDPW/42cdpw-MLHeureux.pdf>. Science and Technology Infusion Climate Bulletin. Accessed 29 April 2019
- Lazzari S (1985) Inimigos naturais dos afídeos (Homoptera: Aphididae) da cevada (*Hordeum* sp.) no Paraná. An Soc Entomol Brasil 14:5-15
- Le Lann C, Wardziak T, Van Baaren J, Van Alphen JJM (2011) Thermal plasticity of metabolic rates linked to life-history traits and foraging behaviour in a parasitic wasp. *Funct Ecol* 25:641-651 doi:10.1111/j.1365-2435.2010.01813.x
- Leslie TW, Van Der Werf W, Bianchi FJJA, Honěk A (2009) Population dynamics of cereal aphids: influence of a shared predator and weather. *Agr Forest Entomol*. 11:73-82 doi:10.1111/j.1461-9563.2008.00405.x
- Mendes S, Cervino MN, Bueno VHP, Auad AM (2000) Diversidade de pulgões e de seus parasitóides e predadores na cultura da alfafa. *Pesqui Agropecu Bras* 35:1305-1310
- Moraes GJd (1987) Importance of taxonomy in biological control. *Int j trop insect sc* 8:841-844
- Petrović A, Mitrović M, Ghaliow ME, Ivanović A, Kavallieratos NG, Starý P, Tomanović Ž (2018) Resolving the taxonomic status of biocontrol agents belonging to the *Aphidius eadyi* species group (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae): an integrative approach. *Bull Entomol Res*:1-14 doi:10.1017/S000748531800055X
- Pimenta HR, Smith JG (1976) Afídeos, seus danos e inimigos naturais em plantações de trigo (*Triticum* sp.) no estado do Paraná. OCEPAR, Curitiba, pp 276
- Pinto RM, Bueno VH, Santa-Cecília LV (2000) Flutuação populacional de afídeos (Hemiptera: Aphididae) associados à cultura da batata, *Solanum tuberosum* L., no plantio de inverno em Alfenas, Sul de Minas Gerais. *An Soc Entomol Brasil* 29:646-657 doi:10.1590/S0301-80592000000400004.
- Pungerl NB (1986) Morphometric and electrophoretic study of *Aphidius* species (Hymenoptera: Aphidiidae) reared from a variety of aphid hosts. *Sys Entomol* 11:327-354
- Rabasse JM, Tardieux I, Pintureau B (1985) Comparaison de deux populations Française et Brésilienne D'*Aphidius colemani* Viereck (Hym., Aphididae). *Annl Soc ent Fr*, 45-49
- Rebonatto A, Salvadori JR, Lau D (2015) Temporal Changes in Cereal Aphids (Hemiptera: Aphididae) Populations in Northern Rio Grande do Sul, Brazil. *J Agric Sci* 7:71-78 doi:10.5539/jas.v7n10p71
- Ronquim JC, Pacheco JM, Ronquim CC (2004) Occurrence and parasitism of aphids (Hemiptera: Aphididae) on cultivars of irrigated oat (*Avena* spp.) in São Carlos, Brazil. *Braz Arch Biol Technol* 47:163-169 doi:10.1590/s1516-89132004000200001
- Salvadori JR, Salles LAd (2002) Controle Biológico de Pulgões no Trigo In: Parra JRP (ed) Controle Biológico no Brasil Parasitóides e Predadores 1edn. Manole Ltda São Paulo, pp 427-443
- Sampaio M, Bueno V, De Conti B, Rodrigues S, Soglia M (2005a) Co-occurrence of *Aphidius colemani* and other aphid parasitoids in some localities of Southeastern Brazil. *IOBC/WPRS Bull* 28:217-220
- Sampaio MV, Bueno VHP, Rodrigues SMM, Soglia MC (2005b) Resposta à temperatura de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera, Braconidae,

- Aphidiinae) originário de três regiões climáticas de Minas Gerais, Brasil. *Rev Bras Entomol* 49:141-147
- Sampaio MV, Bueno VH, Rodrigues SM, Soglia MC, De Conti BF (2007) Desenvolvimento de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) e alterações causadas pelo parasitismo no hospedeiro *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. *Neotro Entomol* 36:436-444
- Sampaio MV, Korndorfer AP, Pujade-Villar J, Hubaide JEA (2017) Brassica aphid (Hemiptera: Aphididae) populations are conditioned by climatic variables and parasitism level: a study case of Triângulo Mineiro, Brazil. *Bull Entomol Res* 107:410-418 doi:10.1017/s0007485317000220
- Souza IL, Tomazella VB, Santos AJN, Moraes T, Silveira LCP (2019) Parasitoids diversity in organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). *Brazilian Journal of Biology* 79:603-611 doi:10.1590/1519-6984.185417.
- Souza MF, Veloso LFA, Sampaio MV, Davis JA (2017) Influence of Host Quality and Temperature on the Biology of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *Environ Entomol* 46:995-1004 doi:10.1093/ee/nvx108
- Starý P (1973) A review of the *Aphidius* species (Hymenoptera: Aphidiidae) of Europe *Annot. Zool. Bot. Bratislava* 85:1-85
- Starý P (1975) *Aphidius colemani* Viereck: its taxonomy, distribution and host range (Hymenoptera, Aphidiidae). *Acta Entomol Bohemoslovaca* 72:156-163
- Starý P, Sampaio MV, Bueno VHP (2007) Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Abstracts of Entomology* 51:107-118
- Thackray DJ, Diggle AJ, Berlandier FA, Jones RAC (2004) Forecasting aphid outbreaks and epidemics of Cucumber mosaic virus in lupin crops in a Mediterranean-type environment. *Virus Res Suppl.* 100:67-82 doi:https://doi.org/10.1016/j.virusres.2003.12.015
- Tomanović Ž, Kavallieratos N, Starý P, Athanassiou C, Žikić V, Petrović-Obradović O, Sarlis G (2003) *Aphidius* Nees aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key. *Acta Entomol Serbica* 8:15-39
- Tomanović Ž, Kos K, Petrovic A, Sary P, Kavalieratos NG, Zikic V, Jakse J, Trdab s, Ivanovic A (2013) The relationship between molecular variation and variation in the wing shape of three aphid parasitoid species: *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetzki, *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani Perez and *Aphidius avenaphis* (Fitch) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Zoologischer Anzeiger - J Comp Zool* 252:41-47 doi:https://doi.org/10.1016/j.jcz.2012.03.003
- Tomanović Ž, Petrovic A, Mitrovic M, Kavallierats NG (2014) Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Bull Entomol Res* 104:552-565 doi:10.1017/s0007485314000327
- Unruh T, White W, Gonzalez D, Woolley J (1989) Genetic relationships among seventeen *Aphidius* (Hymenoptera: Aphidiidae) populations, including six species. *Ann Entomol Soc Am* 82:754-768
- Villegas CM, Žikić V, Stanković SS, Ortiz-Martínez SA, Peñalver-Cruz A, Lavandero B (2017) Morphological variation of *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera:

Braconidae) associated with different aphid hosts. PeerJ 5:e3559
doi:10.7717/peerj.3559

Zúñiga-Salinas E (1982) Controle biológico de afídeos do trigo (Homoptera: Aphididae) por meio de parasitóides no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Curitiba, UFPR

4 ARTIGO 2

Cereal aphid host tribes (Aphididae), habitat modifications, temperature oscillations and the parasitizing specialization of associated Aphidiinae (Braconidae) assemblage in South of Brazil*

*Artigo formatado conforme as normas do periódico *Agricultural and Forest Entomology Journal*. Artigo em fase de edição, escrita e submissão, após o período dos direitos autorais (copyright), estará disponível no Repositório da UFRGS, LUME. Biblioteca da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Cereal aphid host tribes (Aphididae), habitat modifications, temperature oscillations and the parasitizing specialization of associated Aphidiinae (Braconidae) assemblage in South of Brazil

Authors

Carlos Diego Ribeiro dos Santos¹, Luiza Rodrigues Redaelli¹, Simone Mundstock Jahnke¹, Douglas Lau², Paulo Roberto Valle da Silva Pereira²

Institutions

¹ Posgraduate Program in Plant Science, Faculty of Agronomy, Federal Univ of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

² Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

Correspondence author

Carlos Diego Ribeiro dos Santos

Postal Address: Bento Gonçalves Avenue, 7712, Postal-code: 91540-000,

Porto Alegre, Rio Grande do Sul State, Brazil

Phone Number: +55 (54) 984-476-029

E-mail Address: carlosdiegoribeirodosantos@gmail.com

Run title

Parasitism of cereal aphids in three crops seasons

Key Words

cereal-aphid-host, food-webs, oat, corn, hymenopteran parasitoids

ABSTRACT

1. Cereal aphids (Aphididae) occur in all winter cereals producing regions of Brazil. In Rio Grande do Sul State, there are four main vectors of B/CYDVs: *Rhopalosiphum padi* and *Schizaphis graminum* (Aphidiini); *Metopolophium dirhodum* and *Sitobion avenae* (Macrosiphini).
2. Biological control of aphids is being used worldwide. In Brazil the Biological Control Program of Wheat Aphids (BCPWA) introduced during the 1970s and 1980s was a success. After this period, several changes occurred in the production systems (no-tillage system has been widely implemented), and they may have caused changes in the populations of aphids and its parasitoids.
3. This study evaluated the aphid parasitoids assemblage in wheat plants under cereal crops rotation systems and describe trophic relationships in food webs.
4. Our results contributed to confirmation of the establishment of three exotic species of aphid parasitoids *Aphidius ervi*, *Aphidius uzbekistanicus* and *Aphidius rhopalosiphi* in the south of Brazil after 40-years of its initial massal releasing. Also, were recorded *Aphidius platensis*, *Diaeretiella rapae* and *Lysiphlebus testaceipes* found in the area before the BCPWA.
5. *Aphidius platensis*, *L. testaceipes* and *D. rapae* prefer aphids from Aphidiini tribe and *A. uzbekistanicus* and *A. ervi* aphids from Macrosiphini. *Aphidius rhopalosiphi* is highly specialized in *M. dirhodum*, although this species can also parasitize Aphidiini tribe.
6. *Aphidius rhopalosiphi* is a specialist species in wheat crops habitat, considering the synergism with mild temperatures for its development. As well, *L. testaceipes* is a specialist in corn habitat cultivated during summer temperatures.
7. Parasitism levels of wheat plants exposed in the field along the year (2018-2019), were notable different, and during the mild temperatures achieved parasitism mean of 60.4%.

References

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., de Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **22**(6), 711-728.
- Alves, L.F.A., T.M.V. Prestes, A., Zanini, M. F., Dalmolin, A. O., Menezes Jr. (2005) Controle biológico natural de pulgões (Hemiptera: Aphididae) em lavoura de trigo por parasitoides (Hymenoptera, Aphidiinae), no município de Medianeira, PR, Brasil. *Semina* **26**, 155–160.
- Auad, A.M., Bueno, V.H.P., Kato, C.M., Gamarra, D.C. (1997) Ocorrência e flutuação populacional de predadores e parasitoides de *Brachycaudus* (Appelia) schwartzi (Börner) (Homoptera: Aphididae), em Pessegueiro, em Jacuí, MG. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **26**(2), 257-263. <https://dx.doi.org/10.1590/S0301-80591997000200006>
- Benelli, G., Messing, R.H., Wright, M.G., Giunti, G., Kavallieratos, N.G., Canale, A. (2014) Cues triggering mating and host-seeking behavior in the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae): implications for biological control. *Journal of Economic Entomology*, **107**, 2005–2022.
- Biezanko, C. M., Bertholdi R.E., Baucke O. (1949) Relação dos principais insetos prejudiciais observados nos arredores de Pelotas nas plantas cultivadas e selvagens. *Agros*, **2**(3), 156-213.
- Blackman, R.L.; Eastop, V.F. (2000) Aphids on the world's crops: an identification and information guide. 2nd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2017). Taxonomic issues. *Aphids as crop pests*, In: *Aphids as Crop Pests, 2nd ed.; van Emden, HF, Harrington, R., 2nd*, 1-27.
- Bortolotto, O.C., Júnior, A.D.O.M., Sampaio, M.V., Hoshino, A.T. (2012) Aphid parasitoids that occur on wheat crops of Northeast of the Parana State with recovery of *Aphidius rhopalosiphi* in Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **33**(2), 3075-3079.
- Bortolotto, O.C., Oliveira, A. M.N.J., Hoshino, A.T., (2015) Aphidophagous Parasitoids Can Forage Wheat Crops Before Aphid Infestation, Parana State, Brazil. *Journal of Insect Science*, **15**, 1–4. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev027>
- Buitenhuis, R., McNeil, J.N., Boivin, G., Brodeur, J. (2004) The role of honeydew in host searching of aphid hyperparasitoids. *Journal of chemical ecology*, **30**(2), 273-285.
- Bueno, V.H.P., & Sampaio, M.V. (2009) Desenvolvimento e multiplicação de parasitoides de pulgões. In: Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras, *Editora UFLA*, **429**, 117-167.
- Brodeur, J. A. C. Q. U. E. S., Hajek, A. E., Heimpel, G. E., Sloggett, J. J., Mackauer, M. A. N. F. R. E. D., Pell, J. K., & Völkl, W. (2017). Predators, parasitoids and

- pathogens. In: *Aphids as Crop Pests, 2nd ed.*; van Emden, HF, Harrington, R., Eds, 225-261.
- Brown, J.H., Gillooly, J.F., Allen, A.P., Savage, V.M., West, G.B. (2004) Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology*, **85**(7), 1771-1789.
- César, L. A. (2002) Flutuação populacional de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) e seu hospedeiro, o pulgão do trigo *Rhopalosiphum padi* (L., 1758), em área de plantio direto com e sem irrigação. Master of Science Thesis, Federal University of Mato Grosso do Sul, Graduate School of Agronomy.
- Colfer, R. G., & Rosenheim, J. A. (2001). Predation on immature parasitoids and its impact on aphid suppression. *Oecologia*, *126*(2), 292-304.
- Derocles, S. A., Plantegenest, M., Rasplus, J. Y., Marie, A., Evans, D. M., Lunt, D. H., Le Ralec, A. (2015) Are generalist Aphidiinae (Hym. Braconidae) mostly cryptic species complexes? *Systematic Entomology*, **41**(2), 379-391.
- Dinno, A. (2017) dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. R package version 1.3.5. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>
- Donaldson, J. R., Myers, S. W., & Gratton, C. (2007). Density-dependent responses of soybean aphid (*Aphis glycines* Matsumura) populations to generalist predators in mid to late season soybean fields. *Biological Control*, *43*(1), 111-118.
- Dormann, C.F., Fruend, J., Bluethgen, N., Gruber B. (2009) Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, **2**, 7-24.
- Dormann, C.F., Gruber B., Fruend, J. (2008) Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. *R news* **8/2**, 8 - 11.
- Dormann, C.F. (2011) How to be a specialist? Quantifying specialization in pollination networks. *Network Biology* **1**, 1-20.
- Eoche-Bosy, D., Outreman, Y., Oliveira Andrade, T., Krespi, L., van Baaren, J., (2016) Seasonal variations of host resources influence foraging strategy in parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **161**, 11–19.
<https://doi.org/10.1111/eea.12494>
- Eastop V.F. & Van Emden H.F. (1972) The insect material. In Van Emden H.F. (ed.): *Aphid Technology*. *Academic Press*, London, 45.
- Ferrer-Suay, M., elfa, J., Pujade-Villar, J. (2019) Keys to world Charipinae (Hymenoptera, Cynipoidea, Figitidae). *ZooKeys*, **822**, 79-139.
- Gassen, D.N., Tambasco, F.J. (1983) Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte. **9**, 49-51.

- Gillespie, D. R., Nasreen, A., Moffat, C.E., Clarke, P., Roitberg, B.D. (2012) Effects of simulated heat waves on an experimental community of pepper plants, green peach aphids and two parasitoid species. *Oikos*, **121**(1), 149-159.
- Grasswitz, T.R., & Resse, B.D. (1998) Biology and host selection behaviour of the aphid hyperparasitoid *Alloxysta victrix* in association with the primary parasitoid *Aphidius colemani* and the host aphid *Myzus persicae*. *BioControl*, **43**(3), 261-271.
- Iemma, L. G. R., Tavares, M. T., & Sousa-Silva, C. R. (2017) First report of *Syrphophagus aphidivorus* (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Aphidius ervi* in alfalfa crops in State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **77**(2), 422-423.
- Halbert, S., & Voegtlin, D. (1995) 'Biology and taxonomy of vectors of barley yellow dwarf viruses' In: D'Arcy C.J., & Burnett P.A. (ed) Barley yellow dwarf: 40 years of progress. The American Phytopathological Society, St. Paul, 217–258
- Holt, R.D., Lawton, J.H., (1994) The ecological consequences of shared natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **25**, 495–520.
- Honek, A., and F. Kocourek. (1990) Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants. *Zoologische Jahrbücher Systematik*, **117**, 401–439.
- Kanuck, M. J., & Sullivan, D. J. (1992) Ovipositional behavior and larval development of *Aphidencyrus aphidivorus* (Hymenoptera: Encyrtidae), an aphid hyperparasitoid. *Journal of the New York Entomological Society*, **100**, 527-532.
- Kavallieratos, N. G., Lykouressis, I.D.P., Sarlis, G. P., Stathas, G. J., Sanchis Segovia A., Athanassiou C.G. (2001) The Aphidiinae (Hymenoptera: Ichneumonoidea: Braconidae) of Greece. *Phytoparasitica*, **29**, 306-340
- Kavallieratos, N.G., Tomanović, Ž., Starý, P. Mitrovski-Bogdanović, A. (2008) Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) attacking aphids feeding on Prunoideae and Maloideae crops in Southeast Europe: aphidiine-aphid-plant associations and key. *Zootaxa*, **1793**, 47–64.
- Langer, A., and T. Hance. (2004) Enhancing parasitism of wheat aphids through apparent competition: a tool for biological control. *Agricultural Ecosystem Environmental*, **102**, 205-212.
- Lau, D., Salvadori, J. R., Pereira, P.R.V. da S. (2007) Nanismo amarelo em cereais de inverno. 1st ed. [pdf] Passo Fundo: Embrapa Trigo, Available at: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/852537> [Accessed 24 Jan. 2020]
- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Salvadori, J.R., Schons, J., Parizoto, G., & Mar, T. B. (2009). Ocorrência do Barley/Cereal yellow dwarf virus e seus vetores em cereais de inverno no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul em 2008. 1st ed. [pdf] Passo Fundo: Embrapa Trigo, Available at: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co256.htm [Accessed 24 Jan. 2020]

- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Castro, R.L. de. (2013) Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2012 - reação ao Barley Yellow Dwarf virus. In: Reunião da comissão Brasileira de pesquisa de trigo e triticales. [online] Passo Fundo: Brazil. Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134147/1/ID434482013reuniãotrigo-melhoramento74-1.pdf> [Accessed 23 Jan. 2020]
- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Castro, R.L. de. (2014) Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2013 - reação ao Barley Yellow Dwarf virus. In: Reunião da comissão Brasileira de pesquisa de trigo e triticales. [online] Passo Fundo: Brazil. Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127092/1/2014melhoramentotrabalho54.pdf> [Accessed 23 Jan. 2020]
- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Castro, R.L. de. (2015) Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2014 - reação ao Barley Yellow Dwarf virus. In: Reunião da comissão Brasileira de pesquisa de trigo e triticales. [online] Passo Fundo: Brazil. Available at: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127231/1/2015melhoramentotrabalho91.pdf> [Accessed 23 Jan. 2020]
- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Castro, R.L. de. (2016) Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2015 - reação ao Barley Yellow Dwarf virus. In: Reunião da comissão Brasileira de pesquisa de trigo e triticales. [online] Passo Fundo: Brazil. Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158122/1/ID440052016RCBPTT10LAU71.pdf> [Accessed 23 Jan. 2020]
- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Castro, R.L. de., Stempkowski, L.A. (2017) Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2016 - reação ao Barley Yellow Dwarf virus. In: Reunião da comissão Brasileira de pesquisa de trigo e triticales. [online] Passo Fundo: Brazil. Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165252/1/ID441422017PCRReuniaoTrigoResumosExpandidosp211.pdf> [Accessed 23 Jan. 2020]
- Lau, D., Pereira, P.R.V. da S., Castro, R.L. de., Pereira, F.S. (2019) Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2018 - reação ao Barley Yellow Dwarf virus. In: Reunião da comissão Brasileira de pesquisa de trigo e triticales. [online] Passo Fundo: Brazil. Available at: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1110880/1/ID446452019RCBPTT2AtasResumos2018p497.pdf> [Accessed 23 Jan. 2020]
- Le Lann, C., Wardziak, T., Van Baaren, J., van Alphen, J. J. (2011) Thermal plasticity of metabolic rates linked to life-history traits and foraging behaviour in a parasitic wasp. *Functional Ecology*, **25**(3), 641-651.
- Louise, E.M.V., & Godfray C.J. (2008) Multitrophic interactions and parasitoids behavioral ecology In *Behavioral Ecology of Insect Parasitoids: From Theoretical Approaches to Field Applications*, pp. 231– 252. Eds E. Wajnberg, C. Bernstein and J.V. Alphen. Malden, MA, USA: Blackwell Publishing

- Lumbierres, B., Starý, P., Pons, X. (2007) Seasonal parasitism of cereal aphids in a Mediterranean arable crop system. *Journal of Pest Science*, **80**(2), 125-130. OK!
- Machado, C.C.L. & Santos, R.S.S. (2013) Pulgões do trigo e ação de parasitoides em Augusto Pestana, noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, **8**, 179–186.
- Mar, T. B., Lau, D., Schons, J., Yamazaki-Lau, E., & Nhani Jr, A. (2013). Molecular identification based on coat protein sequences of the Barley yellow dwarf virus from Brazil. *Scientia Agricola*, **70**(6), 428-434.
- Mello, M. A. R., Muylaert, R. L., Pinheiro, R. B. P., Ferreira, G. M. F. (2016) Guia para análise de redes ecológicas. [online] Belo Horizonte: Brazil, 112 p, *Available at* <https://marcomellolab.wordpress.com/software/>. pdf. [Accessed 24 Jan. 2020]
- Melo, G. A. R., Aguiar, A. P., Garcete-barrett, B. R. (2012) Hymenoptera, In: Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B. de, Casari, S. A., Constantino, R. (Ed.). *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*, São Paulo: *Holos*, **35**, 553-612
- Mendiburu, F.D. (2017) agricolae: statistical procedures for agricultural research [online]. R package version 1.2-8. Available at: <https://CRAN.Rproject.org/package=agricolae> [Accessed 24 Jan. 2020]
- Ode, P.J., (2013) Plant defences and parasitoids chemical ecology In *Chemical ecology of insect parasitoids*, pp. 11-28, Eds Wajnberg, E., & Colazza, S., Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Parizoto, G., Rebonatto, A., Schon,s J., Lau, D. (2013) Barley yellow dwarf virus-PAV in Brazil: seasonal fluctuation and biological characteristics. *Tropical Plant Pathology*, **38**, 11–19. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013000100002>
- Pennacchio, F. (1989) The Italian species of the genus *Aphidius* Nees (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria'Filippo Silvestri'*, **46**, 75-106.
- Pezzini, C., & Köhler, A. (2019) Influence of temperature on the occurrence of *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae) parasitoids in tobacco crops in Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, **72**(2), 8801-8808.
- Pimenta, H. R., Smith, J. G. (1976) Afídeos, seus danos e inimigos naturais em plantações de trigo (*Triticum* sp.) no Estado do Paraná. Curitiba: OCEPAR
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. R package version 3.5-2. Vienna, Austria Available at: <https://www.R-project.org/> [Accessed 24 Jan. 2020]
- Rebonatto, A., Salvadori, J.R., Lau, D. (2015) Temporal Changes in Cereal Aphids (Hemiptera: Aphididae) Populations in Northern Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, **7**, 71-78 <https://doi.org/10.5539/jas.v7n10p71>

- Rodrigues, S.M.M., Bueno, V.H.P., Sampaio, M.V. (2005) Efeito da liberação inoculativa sazonal de *Lysiphlebus testaceipes* (Hym., Braconidae, Aphidiinae) na população de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae) em cultivo de crisântemo em casa de vegetação comercial. *Boletim de Sanidad Vegetal-Plagas*, **31**, 367-374.
- Rodrigues, S.M.M. & Bueno, V.H.P. (2001) Parasitism rate of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Aphidiidae) on *Schizaphis graminum* (Rond.) and *Aphis gossypii* Glover (Hem: Aphididae). *Neotropical Entomology*. **30**, 625-629.
- Salvadori, J. R. & Tonet, G. E. L. (2001) Manejo integrado dos pulgões de trigo. 1st ed. [pdf] Passo Fundo: Embrapa Trigo, Available at <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/820438> [Accessed 24 Jan. 2020]
- Sampaio, M. V., Bueno, V. H. P., Rodrigues, S. M. M., & Soglia, M. D. C. D. M. (2005a) Resposta à temperatura de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) originário de três regiões climáticas de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **49**(1), 141-147.
- Sampaio, M. V., Bueno, V. H. P., De Conti, B. F., Rodrigues, S. M. M., & Soglia, M. C. M. (2005b) Co-occurrence of *Aphidius colemani* and other aphid parasitoids in some localities of Southeastern Brazil. *IOBC/WPRS Bull*, **28**(1), 217-220.
- Santos, C. D. R. D., Sampaio, M. V., Lau, D., Redaelli, L. R., Jahnke, S. M., Pivato, J., Carvalho, F. J. (2019) Taxonomic Status and Population Oscillations of *Aphidius colemani* Species Group (Hymenoptera: Braconidae) in Southern Brazil. *Neotropical Entomology*, **48**(6), 983-991.
- Shong Chok, N. (2010) Pearson's versus Spearman's and Kendall's correlation coefficients for continuous data. Master of Science Thesis, University of Pittsburgh, Graduate School of Public Health.
- Souza, M. F., Veloso, L. F. A., Sampaio, M. V., & Davis, J. A. (2017) Influence of host quality and temperature on the biology of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *Environmental entomology*, **46**(4), 995-1004.
- Starý, P. (2006) Aphid Parasitoids of the Czech Republic (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). Akademie Ved Czech Republic, Praha.
- Starý, P., Sampaio, M.V., Bueno, V.H.P. (2007) Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **51**, 107–118.
- Starý, P. & Lukáš, J. (2009) Aphid parasitoids and their tritrophic associations in Slovakia (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *Bratislava: Folia Hymenopterologica Slovaca*, **1**, 1-63.
- Starý, P., Rakhshani, E., Žikić, V., Kavallieratos, N. G., Lavandero, B., Tomanović, Ž. (2014) Altitudinal zonation of aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in the neotropical region. *Entomological news*, **124**(2), 86-97.

- Simon, J. C., Rispe, C., & Sunnucks, P. (2002) Ecology and evolution of sex in aphids. *Trends in Ecology & Evolution*, **17**(1), 34-39.
- Stilmant, D., Van Bellinghen, C., Hance, T. & Boivin, G. (2008) Host specialization in habitat specialists and generalists. *Oecologia*, **156**, 905–912.
- Sullivan, D.J. (1988) Hyperparasites, pp. 189–204, *In* A.K. Minks and P. Harrewijn (eds.). *Aphids. Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol. B. Elsevier, Amsterdam.
- Taylor, F. (1981) Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Naturalist*, **117**(1), 1-23.
- Thies, C., Roschewitz, I., & Tscharncke, T. (2005) The landscape context of cereal aphid–parasitoid interactions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **272**(1559), 203-210.
- Tomanović, Ž., Kavallieratos, N.G., Starý, P., Athanassiou, C.G., Žikić, V., Petrović-Obradović, O., Sarlis, G.P. (2003) *Aphidius* Nees (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and keys. *Acta Entomologica Serbica*, **8**, 15–39.
- Tomanović, Ž., Kavallieratos, N. G., Starý, P., Stanisavljević, L. Ž., Četković, A., Stamenković, S., Jovanović S., Athanassiou, C. G. (2009). Regional tritrophic relationship patterns of five aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in agroecosystem-dominated landscapes of southeastern Europe. *Journal of economic Entomology*, **102**(3), 836-854
- Tomanović, Ž., Petrović, A., Mitrović, M., Kavallieratos, N. G., Starý, P., Rakhshani, E., Rakhshanipour, M., Popović, A., Shukshuk A. H., Ivanović, A. (2014) Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Bulletin of Entomological Research*, **104**(5), 552-565.
- Tomanović, Ž., Mitrović, M., Petrović, A., Kavallieratos, N. G., Žikić, V., Ivanović, A., Rakhshani, E., Starý, P., Vorburger, C. (2018) Revision of the European *Lysiphlebus* species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on the basis of COI and 28SD2 molecular markers and morphology. *Arthropod Systematics and Phylogeny*, **76**(2), 179-213.
- Thompson, R. M., Brose, U., Dunne, J. A., Hall Jr, R. O., Hladysz, S., Kitching, R. L., Martinez, N. D., Rantala, H., Romanuk, T. N., Stouffer D. B., Tylianakis, J. M. (2012) Food webs: reconciling the structure and function of biodiversity. *Trends in ecology & evolution*, **27**(12), 689-697.
- Torres, R. G., Segnana, L. R. G., Arias, O. R., & de López, M. B. R. (2018) Enemigos naturales de áfidos (Hemíptera: Aphididae) presentes en zonas productoras de trigo en Paraguay. *Investigación Agraria*, **20**(1), 78-83.

- Tylianakis, J. M., Tscharntke, T., Lewis, O. T. (2007) Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. *Nature*, **445**(7124), 202–205.
- van Alphen, J.J.M., Jervis, M.A., (1996) Foraging Behaviour, in: Jervis, M., Kidd, N. (Eds.), *Insect Natural Enemies: Practical Approaches to Their Study and Evaluation*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 1–62.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-0013-7_1
- Ye, Z., Vollhardt, I. M., Tomanovic, Z., & Traugott, M. (2017) Evaluation of three molecular markers for identification of European primary parasitoids of cereal aphids and their hyperparasitoids. *PloS one*, **12**(5).
- Wickremasinghe MG & van Emden HF (1992) Reactions of adult female parasitoids, particularly *Aphidius rhopalosiphi*, to volatile chemical cues from the host plants of their aphid prey. *Physiological Entomology*, **17**, 297–304.
- Winemiller, K.O. & Polis, G.A. (1996) Food webs: what can they tell us about the world. In: *Food webs: integration of patterns and dynamics*, Eds. K.O. Winemiller & G.A. Polis, Chapman and Hall, New York, pp. 1–22.
- Zanini, A. (2004). Controle biológico do pulgão de trigo *Sitobion avenae* (Fabricius 1775) pelo parasitoide *Aphidius colemani* Viereck, 1912 em Medianeira, PR, Brasil. Master of Science Thesis, State University of West Paraná, Graduate School of Agronomy.
- Zhang, Y., Fan, J., Fu, Y., Francis, F., Chen, J., (2019) Plant-Mediated Interactions between Two Cereal Aphid Species: Promotion of Aphid Performance and Attraction of More Parasitoids by Infestation of Wheat with Phytotoxic Aphid *Schizaphis graminum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **67**, 2763–2773. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06150>
- Zuñiga-Salinas, E. S. (1982) Controle biológico dos afídeos do trigo (Homoptera: Aphididae) por meio de parasitoides no planalto médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Thesis, (Doctorate in Entomology) - Federal University of Paraná, [printed] Curitiba: Brazil.

5 NOTA CIENTÍFICA 1

**First record of *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841) in Brazil (Hymenoptera:
Cynipoidea: Figitidae: Charipinae)***

*Texto formatado conforme as normas do periódico *Entomological Communications*

Aceito para a publicação em 19 de maio de 2020, publicado em 19 de junho de 2020

Open Access Journal: DOI: 10.37486/2675-1305.ec02008

Title

First record of *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841) in Brazil (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae: Charipinae)

Authors

Carlos D. R. Santos¹, Marcus V. Sampaio², Mar Ferrer-Suay³, Luiza R. Redaelli¹, Simone M. Jahnke¹, Douglas Lau⁴, Paulo R. V. S. Pereira⁵

Institutions

¹ Posgraduate Program in Plant Science, Faculty of Agronomy, Federal Univ of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

² Agricultural Sciences Institute, Federal University of Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

³ Museu Valencià d'Història Natural & i\Biotaxa, l'Hort de Feliu-Alginet, Apdo. 8460, E-46018 Valencia (Espanya)

⁴ Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil

⁵ Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brazil

Abstract

Phaenoglyphis villosa (Hartig, 1841) (Hymenoptera: Figitidae: Charipinae) is a secondary endoparasitoid of Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae), a subfamily which are important primary parasitoids of aphids (Hemiptera: Aphididae). It is here registered for the first time in Brazil, collected from primary parasitoids in field-exposed aphids. *Phaenoglyphis villosa* was recorded during wheat crop season (winter and spring), emerging from *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) mummies (n = 35♀). It was also recorded from *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) mummies, in wheat crop season (late winter) (n = 13♀) and black oat crop season (late autumn) (n = 1♀). We suggest three possible primary braconid parasitoids as hosts to this hyperparasitoid: *Aphidius platensis* Brèthes, 1913, *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez, 1902, and *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetzki, 1960.

Keywords

hyperparasitoid, cereal aphids, trophic interactions, wheat.

Main text

Phaenoglyphis villosa (Hartig, 1841) has been introduced into different continents together with aphids infected with primary parasitoids on their host plants (Pujade-Villar et al. 2011). According to Carver (1992), this species was originated in the Palearctic region. For the Neotropical region, *P. villosa* was reported in Argentina, Chile and Colombia (Pujade-Villar et al. 2002; Ferrer-Suay et al. 2012a). *Phaenoglyphis villosa* has been associated with numerous hosts (Pujade-Villar et al. 2011; Ferrer-Suay et al. 2012b), and could be considered a cosmopolitan species, being recorded in all the biogeographic regions (Pujade-Villar et al. 2011; Ferrer-Suay et al. 2012b). This cosmopolitan species has not yet been recorded in Brazil (Gallardo 2020). The species is a secondary solitary endoparasitoid of primary aphid (Hemiptera, Aphididae) parasitoids in the subfamily Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) and *Aphelinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) (Pujade-Villar et al. 2007).

This is the first record of *P. villosa* from Brazil, and the possible host associations in wheat plants. There is very little information about the fauna of Charipinae in the Neotropical region (Ferrer-Suay et al. 2012b; 2013), therefore, this record is valuable for adding knowledge about this group, especially on the genus *Phaenoglyphis*. The Brazilian records of Charipinae subfamily was revised here, with previous occurrence of five species: *Alloxysta consobrina* (Zetterstedt, 1838) (Betini 1975; 1976; Lazzari 1985; Sousa & Bueno 1994; Cividanes 2002; Pujade-Villar et al. 2002; Vaz et al. 2004); *Alloxysta desantisi* Förster (Pujade-Villar et al. 2002); *Alloxysta fuscicornis* (Hartig) (Pimenta & Smith, synonymy used in publication: *Alloxysta brassicae* Ashmead); *Alloxysta victrix* Westwood, 1833 (Peronti et al. 2007); and *Apocharips angelicae* Pujade-Villar & Evenhuis, 2002 (Pujade-Villar et al. 2002).

Field bioassay were conducted in a 0.5 ha experimental area (28°13'43.2"S 52°24'04.6"W) of Embrapa Wheat in Passo Fundo (PF), Rio Grande do Sul (RS), Brazil, from August 2018 to July 2019. The climate in the region is humid subtropical, without dry season and with hot summer (Cfa), according to Köppen's classification (Alvares et al. 2014). Meteorological data were obtained from the Embrapa Wheat climatological station (28°13'36.5"S 52°24'12.6"W), PF, RS. The study was carried out on a field managed under no-tillage system with the following crop succession: wheat (winter 2018), corn (summer 2018/2019), and black oat (autumn - beginning winter, 2019). Direct recruitment of parasitoids was used. Wheat plants infested with aphids created an artificial environment to attract the hymenopterans. Pots with wheat plants (10 plants per pot) at the tillering stage were infested with aviruliferous aphid nymphs and adults (ranged between 50 – 75 aphids per pot). The following aphid (Aphididae) species from mass rearing were used: *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758), *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852), *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1849), and *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775). Four pots for each aphid species were infested totalizing sixteen pots. After acclimatizing period, infested plant-pots with aphid species were taken to the field. The pots were placed in cages (39 x 39 x 55 cm) lined with polyethylene musket netting (5 mm) for predator exclusion. Aphids remained exposed for seven days in the field. Posteriorly, they were collected and separated. Each pot was individualized in a rearing cage and kept for seven days in chambers (22 ± 2 °C, 75% ± 10 RH; 12-hour photophase), waiting for mummies formation which were individualized in microtubes (1,5 mL). Emerged cynipid specimens were identified based on keys to world Charipinae in Ferrer-Suay et al. (2019). Emerged primary parasitoid specimens were identified based on keys of Pennacchio (1989), Kavallieratos et al. (2008), Starý & Lukáš (2009), Tomanović et al. (2003; 2014; 2018). Scanning electron microscopy was performed with Vega 3-

TESCAN Equipment at the Multiuse Center of the University of Passo Fundo, RS, Brazil. Photos of the body lateral view (Fig. 1a), mesopleuron (Fig. 1b), female antenna (Fig. 1c), mesoescutum (Fig. 1d), scutellum and propodeum (Fig. 1e) and pronotum (Fig. 1f) were analyzed to confirm the morphological characters of *P. villosa*. Forewing (Fig. 2a) and radial cell (Fig. 2b) photos were obtained using a camera Moticam-1000 attached to a stereoscopic microscope at the Entomology Laboratory, Embrapa Wheat, PF, RS.

In this field assay, *P. villosa* was recorded during wheat crop season (winter and spring), emerging from *R. padi* (n = 35♀). This species was sampled from 08/19/2018 until 11/01/2018. At this period, the mean air temperature ranged from 16.0 to 18.6 °C. At the same period, the primary parasitoids species emerging from this aphid were *Aphidius platensis* Brèthes, 1913 and *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez, 1902 (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae).

Phaenoglyphis villosa was also recorded hyperparasitizing mummies of *S. avenae*, once during wheat crop season (end of winter, 09/19/2018, n = 13♀), when mean air temperature of week was 16.0 °C. At this moment, the primary parasitoids potential hosts registered on *S. avenae* were: *A. rhopalosiphi* and *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii, 1960. Another record was during black oat crop season (late autumn, 06/20/2019, n = 1♀), when the mean air temperature of week was 17.7 °C, and the primary parasitoid hosts sampled in *S. avenae* were: *A. platensis* and *A. rhopalosiphi*. *Phaenoglyphis villosa* was not recorded during corn season (summer) and did not emerged from mummies of *S. graminum* and *M. dirhodum* exposed during this bioassay. Based on this data, three possible primary braconid parasitoids could act as hosts to *P. villosa* in Brazil: *A. rhopalosiphi*, *A. platensis* and *A. uzbekistanicus*.

Complete description and images of *P. villosa* could be consulted on www.charipinaedatabase.com. Reference specimens of this work were deposited at

Museum of Natural Sciences of Secretariat for the Environment and Infrastructure (SEMA), Porto Alegre, RS, Brazil. Voucher specimen numbers: *P. villosa* (MCN96803), *A. rhopalosiphi* (MCN96796), *A. platensis* (MCN96793) and *A. uzbekistanicus* (MCN96830) (Appendix 4).

Acknowledgements

We thank CAPES for a master's degree fellowship (first author), and CNPq research fellowship of the third (CNPq 306626/2019-5) and fourth (CNPq 306435/2015-2) authors. Dr. José Roberto Salvadori from Passo Fundo University permitted us to use the scanning electron microscopy. Dr. Luciano de Azevedo Moura and Dr. Aline Barcellos Prates dos Santos from Natural Sciences Museum – SEMA – RS permitted us to deposit the reference specimens on the entomology collection. This study was supported by the Embrapa project “Integrated platform for monitoring, simulation, and decision making in epidemic management caused by insect-borne viruses” Process: No. 13.16.05.006.00.00.

Authors' contributions

CDRS, LRR, SMJ, and DL planned, designed experimental work. CDRS executed field bioassay and photos. CDRS, MVS, and MFS made the identification of the species. PRVSP, CDRS, MVS, LRR, SMJ, DL, MFS proposed and wrote the manuscript.

References

- Alvares, C.A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. de M.; Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22: 711–728. doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Betini, A. (1975) Afídeos da macieira (*Pyrus malus* L.), seus predadores e parasitas. *Acta Biológica Paranaense*, 4: 33-74.
- Betini, A. (1976) Afídeos da ameixeira (*Prunus domestica* L.) e pessegueiro (*Prunus persica* sto.), seus predadores e parasitas. *Acta Biológica Paranaense*, 5: 69-90.
- Carver, M. (1992). Alloxystinae (Hymenoptera, Cynipoidea, Charipidae) in Australia. *Invertebrate Taxonomy*, 6(3): 769-785. doi: <https://doi.org/10.1071/IT9920769>
- Cividanes, F. J. (2002) Impacto de Inimigos Naturais e de Fatores Meteorológicos Sobre Uma População de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. *Neotropical Entomology*, 31(2): 249-255.
- Ferrer-Suay M, Paretas-Martínez J, Selfa J, Pujade-Villar J (2012a) Taxonomic and synonymic world catalogue of the Charipinae and notes about this subfamily (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Zootaxa*, 3376: 1–92. doi: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3376.1.1>
- Ferrer-Suay M, Selfa J, Pujade-Villar J (2012b) Charipinos de Colombia (Hymenoptera: Figitidae), con la descripción de dos nuevas especies. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2): 320–328.
- Ferrer-Suay, M., Selfa, J. & Pujade-Villar, J. (2013) Review of the Neotropical Charipinae (Hymenoptera, Cynipoidea, Figitidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 57(3), 279–299. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262013005000020>
- Ferrer-Suay M, Selfa J, Pujade-Villar J (2019) Keys to world Charipinae (Hymenoptera, Cynipoidea, Figitidae). *ZooKeys* 822: 79–139. <https://doi.org/10.3897/zookeys.822.30151>
- Gallardo, F. (2020) Figitidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Available at: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/175860>>. Access: 11 April. 2020.
- Kavallieratos, N.G.; Tomanović, Ž.; Starý, P.; Mitrovski-Bogdanović, A. (2008) Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) attacking aphids feeding on Prunoideae and Maloideae crops in Southeast Europe: aphidiine-aphid-plant associations and key. *Zootaxa*, 1793, 47-64.
- Lazzari, S.N. (1985) Inimigos naturais dos afídeos (Homoptera, Aphididae) da cevada (*Hordeum* sp.) no Paraná. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 14 (1): 5-15.

- Pimenta H. R.; Smith J. G. (1976) Afídeos, seus danos e inimigos naturais em plantações de trigo (*Triticum* sp.) no estado do Paraná. OCEPAR, Curitiba, pp 276.
- Pennacchio, F. (1989) The Italian species of the genus *Aphidius* Nees (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri'*, 46: 75-106.
- Peronti, A. L. B. G.; Fraga, F. B.; Rosa, K. C. C.; Teixeira, M. T.; Silva, M. L. (2007) Efeitos da fragmentação florestal e da expansão agrícola sobre a comunidade de insetos fitófagos e himenópteros parasitoides no Parque Nacional da Serra dos Órgãos e arredores. In: Cronemberger, C.; Viveiros de Castro, E.B. (Org.) *Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos*. Brasília: Ibama.
- Pujade-Villar J, Díaz N, Evenhuis HH, Ros-Farré P (2002) South American Charipinae: Review and description of two new species (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Annals of the Entomological Society of America* 95(5): 541–546. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0541:SACRAD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0541:SACRAD]2.0.CO;2)
- Pujade-Villar, J.; Paretas-Martínez, J.; Selfa, J.; Seco-Fernández, M. V.; Fülöp, D.; Melika, G. (2007) *Phaenoglyphis villosa* (Hartig 1841) (Hymenoptera: Figitidae: Charipinae): a complex of species or a single but very variable species?. In *Annales de la Société entomologique de France*, 43(2): 169-179.
- Pujade-Villar, J., Fülöp, D., Paretas-Martinez, J., & Melika, G. (2011). First record of *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841) from Korea (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae: Charipinae). *Orsis Organismes i Sistemes*, 25: 141-146.
- Sousa, B.M.; Bueno, V.H.P. (1994) Levantamento de predadores e parasitóides adultos associados a *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Homoptera: Aphididae), em culturas de couve. *Boletim do Instituto de Ciencias Biologicas e Geociencias*, 46: 23-34.
- Starý, P.; Lukáš, J. (2009) Aphid parasitoids and their tritrophic associations in Slovakia (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). Bratislava: *Folia Hymenopterologica Slovaca*, 1: 1-63.
- Tomanović, Ž.; Kavallieratos, N.G.; Starý, P.; Athanassiou, C.G.; Žikić, V.; Petrović-Obradović, O.; Sarlis, G.P. (2003) *Aphidius* Nees (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and keys. *Acta Entomologica Serbica*, 8: 15-39.
- Tomanović, Ž.; Petrović, A.; Mitrović, M.; Kavallieratos, N. G.; Starý, P.; Rakhshani, E.; Rakhshanipour, M.; Popović, A.; Shukshuk A. H.; Ivanović, A. (2014) Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Bulletin of Entomological Research*, 104(5): 552-565.
- Tomanović, Ž.; Mitrović, M.; Petrović, A.; Kavallieratos, N. G.; Žikić, V.; Ivanović, A.; Rakhshani, E.; Starý, P.; Vorburger, C. (2018) Revision of the European *Lysiphlebus* species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on the basis of COI and 28SD2

molecular markers and morphology. *Arthropod Systematics and Phylogeny*, 76(2): 179- 213.

Vaz, L. A. L.; Tavares, M. T.; Lomônaco. C. (2004) Diversidade e Tamanho de Himenópteros Parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 30 (2): 225-230.

Figures

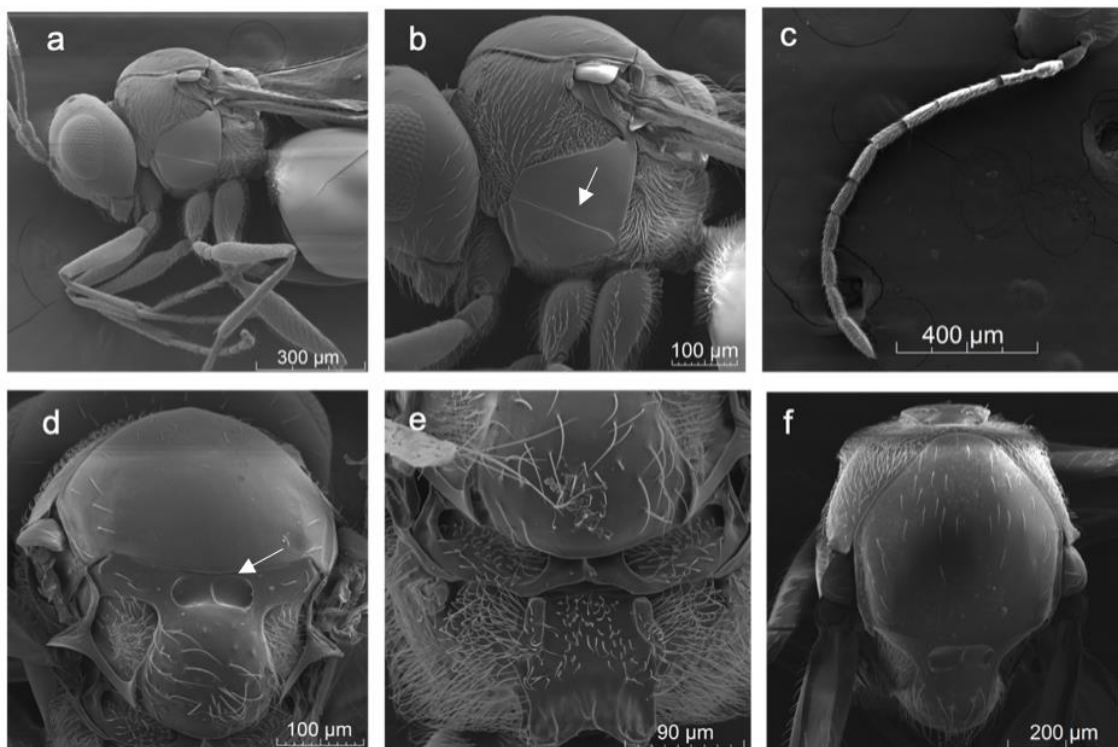


Figure 1. *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841); **a** body lateral view; **b** mesopleuron (lateral view, mesopleural furrow, signaled with an arrow); **c** female antenna; **d** mesoscutum (scutellar foveae present, signaled with an arrow); **e** scutellum and propodeum; **f** pronotum.

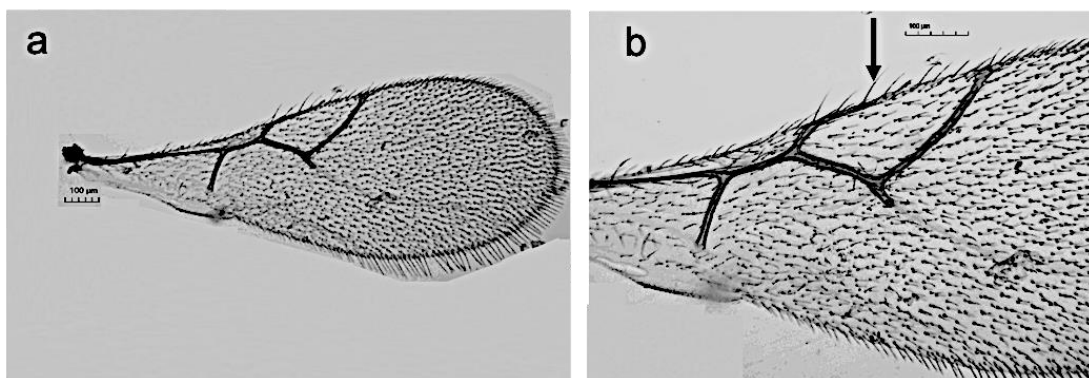


Figure 2. *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841); **a** forewing; **b** Radial cell partially open along anterior margin (signaled with an arrow).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os insetos depositados na coleção entomológica da Embrapa Trigo oriundos de coletas realizadas a campo durante o programa de controle biológico dos afídeos do trigo, entre os anos de 1979-1980, foram identificados como *A. platensis*. É difícil saber quais e quantas espécies diferentes do grupo *A. colemani* estavam presentes anteriormente ou quais foram introduzidas durante o programa de controle biológico, pois não existem *voucher specimens* das espécies que foram importadas, produzidas massalmente e liberadas no sul do Brasil.

Aphidius platensis foi a espécie de parasitoide de pulgões-dos-cereais mais abundante amostrada em armadilha Moericke em Coxilha, RS, entre 2009 e 2018. Ainda evidenciando a prevalência na região do planalto do RS, *A. platensis* foi coletada no outono, inverno e primavera, com a maior abundância no mês de julho. O crescimento populacional de março a junho, pode ter contribuído para os altos níveis de parasitismo detectados na fase vegetativa do trigo (agosto) descritos no terceiro capítulo desta dissertação.

Os resultados deste trabalho, após 40 anos do início da liberação massal de parasitoides pelo Programa de Controle Biológico de Pulgões de Trigo (PCBPT), demonstrou que os parasitoides introduzidos intencionalmente e acidentalmente interagiram com as populações de pulgões de cereais de inverno durante todo o ano em três culturas (trigo, milho e aveia preta). Três espécies introduzidas somente no PCBPT

foram coletadas: *A. ervi*, *A. uzbekistanicus* e *A. rhopalosiphi*. Além dessas, e foram registradas *A. platensis*, *D. rapae* e *L. testaceipes*, consideradas ocorrentes da região Neotropical. Esta diversidade de parasitoides que forrageiam afídeos nos cereais talvez explique o sucesso do programa de controle biológico desenvolvido no sul do Brasil.

Através do método de recrutamento de parasitoides a campo empregado neste estudo, foi possível observar diferentes índices de especialização dos parasitoides em relação às tribos dos hospedeiros expostos. Os parasitoides primários dos pulgões expostos, especializados na tribo hospedeira Aphidini, foram *A. platensis*, *L. testaceipes* e *D. rapae* e os especializados em Macrosiphini foram *A. ervi* e *A. uzbekistanicus*. *Aphidius rhopalosiphi*, apesar de parasitar com maior sucesso os hospedeiros Macrosiphini, também parasitou Aphidini. A evidência de preferência dos parasitoides por espécies de uma determinada tribo, indica que o controle biológico de pulgões de cereais deve ser direcionado ao nível de tribo e aos respectivos parasitoides especializados. A preferência dos parasitoides por uma tribo pode gerar resultados não satisfatórios em programas de controle biológico aplicado.

A variação na frequência de ocorrência de parasitoides ao longo do ano, evidenciou que as espécies exploraram diferentes nichos ecológicos na paisagem agrícola. *Lysiphlebus testaceipes*, por exemplo, concentrou-se nos hospedeiros de Aphidini quando as temperaturas de verão e outono ainda estavam elevadas, em contraponto às demais espécies.

Os resultados deste trabalho apontam que mais estudos devem ser realizados buscando a compreensão das interações entre parasitoides e hiperparasitoides e o impacto que estas têm no controle biológico. Da mesma forma, novas pesquisas deveriam avaliar o parasitismo em populações de afídeos (virulíferas e avirulíferas) e as suas interações no patossistema afídeos – nanismo-amarelo – cereais de inverno. Por último, levanta-se a

dúvida e sobre a relação trófica encontrada neste trabalho entre a especificidade do parasitoide *A. rhopalosiphi* em controlar biologicamente *M. dirhodum* e se esta relação faz com que as populações desta espécie, se mantenham em densidades baixas desde a suas liberações durante o PCBPT nas regiões tritícolas do Brasil. O monitoramento das interações tróficas entre afídeos e seus parasitoides se faz necessário nas regiões produtoras de cereais de inverno.

7 APÊNDICES

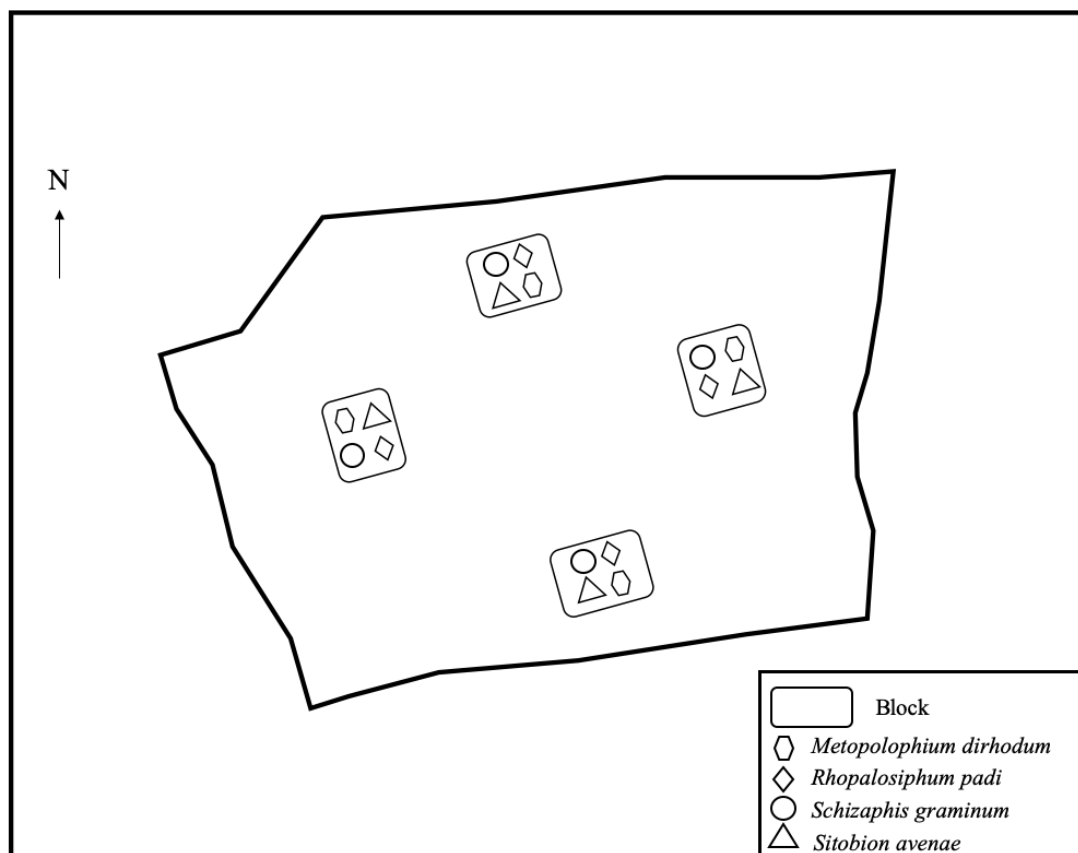
APPENDIX 1. Moericke Traps (yellow tray, 45 cm long \times 30 cm wide \times 4.5 cm tall) filled with solution (2 L) prepared with water, 40% formalin (0.3%), and detergent (0.2%). Each tray had three side holes (5 mm diameter), near the border, protected by a fine screen to prevent leakage and solid content loss during the rains. Four traps were distributed on the borders of crop rotation trials. The traps were leveled approximately 20 cm from the ground, with bricks, Coxilha, RS



APPENDIX 2. A Field exposure cage (musket screen, allows parasitoids to pass through, and prevents predators), Passo Fundo, RS
 B Structure that protects cages against the impact of raindrops, infested pots, with each treatment, exposed on field, Passo Fundo, RS



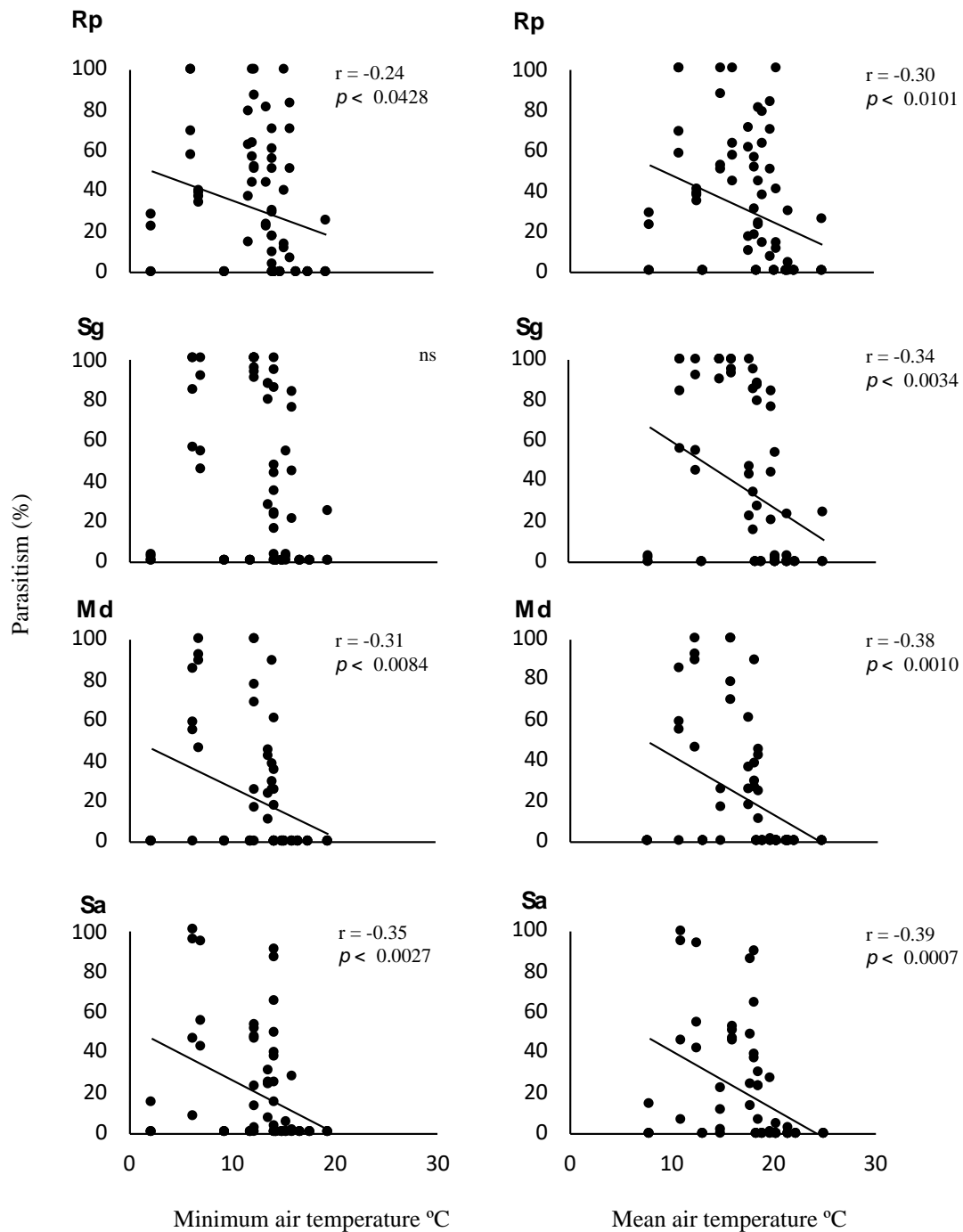
APPENDIX 3. Schematic drawing of the arrangement of treatments and blocks in the experimental area, Passo Fundo, RS



APPENDIX 4. List of reference specimens deposited at Museum of Natural Sciences of Secretariat for the Environment and Infrastructure (SEMA), Porto Alegre, RS, Brazil

Voucher	Specimens	Sex	Host	Determiner	Year	Place of sampling	Date	Collector	Plant
MCN 96793	<i>Aphidius platensis</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96794	<i>Aphidius platensis</i>	M	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96795	<i>Diaretiellarapae</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96796	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96797	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	M	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96798	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96799	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96800	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	M	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96801	<i>Alloxysta</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96802	<i>Alloxysta</i>	M	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96803	<i>Phaenoglyphis villosa</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	29/III/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96804	<i>Phaenoglyphis villosa</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	29/III/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96805	<i>Alloxysta</i>	F	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	29/III/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96806	<i>Alloxysta</i>	M	Rp	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	29/III/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96807	<i>Aphidius platensis</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96808	<i>Aphidius platensis</i>	M	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96809	<i>Diaretiellarapae</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96810	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96811	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96812	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96813	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	M	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96813	<i>Alloxysta</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	29/III/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96814	<i>Alloxysta</i>	M	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	29/III/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96815	<i>Diaretiellarapae</i>	F	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96816	<i>Aphidius platensis</i>	M	Sg	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96817	<i>Aphidius platensis</i>	F	Md	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96818	<i>Aphidius platensis</i>	F	Md	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96819	<i>Aphidius platensis</i>	M	Md	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96820	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	F	Md	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96821	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	F	Md	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96822	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	F	Md	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96823	<i>Aphidius platensis</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96824	<i>Aphidius platensis</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96825	<i>Aphidius platensis</i>	M	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96826	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96827	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>	M	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96828	<i>Aphidius uzbekistanicus</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96829	<i>Aphidius uzbekistanicus</i>	M	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96830	<i>Aphidius uzbekistanicus</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96831	<i>Aphidius ervi</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96832	<i>Aphidius ervi</i>	M	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96833	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	F	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>
MCN 96834	<i>Lysiphebus testaceipes</i>	M	Sa	C. Diego	2020	Passo Fundo - RS	15/IX/2018	C. Diego	<i>T. aestivum</i>

F= Female, M= Male, Rp= *Rhopalosiphum padi*; Sg= *Schizaphis graminum*; Md= *Metopolophium dirhodum*; Sa= *Sitobion avenae*, C. Diego= Carlos Diego Ribeiro dos Santos, *T. aestivum*= *Triticum aestivum* L. CV. 'BRS Parrudo'.



APPENDIX 5. Scatterplots between minimum air temperatures (left column graphs), mean air temperatures (right column graphs) and parasitism rates per exposed aphid hosts (Rp= *Rhopalosiphum padi*; Sg=*Schizaphis graminum*; Md=*Metopolophium dirhodum*; Sa=*Sitobion avenae*), in wheat, corn and black oats in Passo Fundo, RS, from August 2018 to July 2019, Pearson correlation coefficient (r) and statistical significance (p) and non-significant (ns), line has been added to graphics to depict the relationship between parasitism and temperatures