



**LAODICÉIA LOPES PEREIRA**

**CONTROLE BIOLÓGICO EM ROSEIRAS: AVALIAÇÃO DO  
PREDADOR *Chrysoperla externa* NA REDUÇÃO  
POPULACIONAL DO AFÍDEO *Rhodobium porosum***

**LAVRAS – MG**

**2020**

**LAODICÉIA LOPES PEREIRA**

**CONTROLE BIOLÓGICO EM ROSEIRAS: AVALIAÇÃO DO PREDADOR  
*Chrysoperla externa* NA REDUÇÃO POPULACIONAL DO AFÍDEO *Rhodobium  
porosum***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de “Doutor”.

Profa Dra. Brígida Souza

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pereira, Laodicéia Lopes.

Controle biológico em roseiras: avaliação do predador  
*Chrysoperla externa* na redução populacional do afídeo *Rhodobium*  
*porosum* / Laodicéia Lopes Pereira. - 2020.

76 p. : il.

Orientador(a): Brígida Souza.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Chrysopidae. 2. Aphididae. 3. Cultivo de roseira. I. Souza,  
Brígida. II. Título.

**LAODICÉIA LOPES PEREIRA**

**CONTROLE BIOLÓGICO EM ROSEIRAS: AVALIAÇÃO DO PREDADOR**  
***Chrysoperla externa* NA REDUÇÃO POPULACIONAL DO AFÍDEO *Rhodobium***  
***porosum***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 20 de março de 2020.

Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi	UFLA
Dr <sup>a</sup> Ana Luiza Viana de Souza	Rutgers
Dr <sup>a</sup> Livia Mendes de Carvalho da Silva	EPAMIG
Dr <sup>a</sup> Rosangela Cristina Marucci	UFLA

Dra. Brígida Souza  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2020**

*Aos meus pais, que me propiciaram uma vida digna onde eu pudesse crescer, acreditando que tudo é possível, desde que sejamos honestos, íntegros de caráter e fortes o suficiente para nunca desistir.*  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia (DEN), pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e taxa que bancada (Processo: 141411/2016-3) e apoio financeiro para a realização dos experimentos (Processo: 310417/2017-1).

A querida orientadora Dra. Brígida Souza pelos conhecimentos repassados, pela dedicação, parceria e por todos os ensinamentos. Obrigada por todas as risadas, conselhos e carinho!

Agradeço muitíssimo aos professores do DEN pelos ensinamentos compartilhados e harmoniosa convivência.

Em especial a professora Rosângela Marucci, que se tornou uma grande amiga! Muito obrigada por toda dedicação e paciência, por todas as palavras de conforto e atenção!

Agradeço também às amigas Caroline Abreu e Rafaella Maciel, obrigada por estarem comigo em todos os altos e baixos desses quatro anos, me apoiando sempre! Com vocês essa caminhada foi bem mais leve, florida e prazerosa!

Aos meus maravilhosos estagiários, Thaiani, Davi, Larissa, Clariane, Carlos Eduardo, Ana Clara, Junior, Thales, Ana Léa, Macarena que se dedicaram constantemente na manutenção das criações e execução dos experimentos nesses árduos quatro anos! Obrigada pela companhia e apoio, sem vocês eu não poderia ter desenvolvido a pesquisa.

Aos colegas de laboratório, Marília, Emanuel, Janet obrigada pelas trocas de experiências e momentos de descontração.

As colegas Jéssica Sanches, Letícia Pereira e Mirian Nunes pelo apoio na análise de dados.

A todos os demais colegas de Laboratório e Turma, meus sinceros agradecimentos.

Aos funcionários do DEN, pela colaboração durante o trabalho; em especial a Elaine e Luciano, pela dedicação e parceria para a realização deste trabalho. E a secretária Isabel, sempre disposta a nos ajudar!

Aos amig@s que Lavras me proporcionou: Isabel, Pollyanna, Worms, Isabela, Brisa, Leony, Paulo, Pedrão, Renan, Tati, pelos momentos de alegria, empatia, incentivo, carinho e pelo apoio nessa caminhada!

Aos amigos Anselmo, Douglas, Brunna e Rodrigo que mesmo distantes sempre se fizeram presentes na minha vida! Obrigada por todas as palavras de conforto e encorajamento!

À toda minha Família Lopes e Pereira que desde sempre me incentiva e apoia minha formação. Obrigada Pai e Mãe por terem financiado meus sonhos e acreditado em mim! Às minhas queridas irmãs que sempre foram meu porto seguro, meu apoio! Obrigada por todas as palavras de conforto nos momentos difíceis! Obrigada por sempre me lembrar que sou capaz e nunca me deixar vencer pelas pedras no caminho!

Ao melhor amigo e companheiro que a vida me deu Mateus Melo-Dias, que com toda sua calma nunca largou a minha mão, me dando forças para nunca desistir, me encorajando a lutar todos os dias. Sem seu apoio nada disso seria uma realidade. Muito obrigada por todo seu carinho e dedicação.

A todos, meu Muito Obrigada!!!

## RESUMO GERAL

O pulgão *Rhodobium porosum* tem ocorrência frequente em roseiras e o emprego de inseticidas para seu controle tem ocasionado diversos problemas, entre os quais inclui-se a resistência da praga, adquirida pelo uso indiscriminado desses produtos químicos. Visando a busca de uma forma eficiente de manejo populacional de *R. porosum* em cultivos de rosas, avaliou-se, em laboratório, o uso do predador afidófago *Chrysoperla externa* como agente de controle. Considerando-se a importância crescente da floricultura em diversas regiões do país e a possibilidade do controle biológico desse herbívoro, a busca por inimigos naturais eficientes e que possam ser aplicados como agentes de controle deve ser investigada. Assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar aspectos da biologia e elaborar a tabela de vida de *C. externa* alimentada com *R. porosum*, assim como conhecer sua capacidade predatória e respostas comportamentais das larvas do predador em diferentes condições abióticas e bióticas. Verificou-se que esse afídeo se constitui em presa adequada para o desenvolvimento de *C. externa*, não acarretando efeitos negativos sobre sua biologia. Aspectos comportamentais das larvas do crisopídeo estão associados ao estado de saciedade das mesmas, à densidade de presas disponíveis e à proporção predador: presa. O controle de *R. porosum* por larvas de *C. externa* se mostrou eficiente em ambos os ambientes de confinamento testados, sendo que, na proporção 1:10, a população do afídeo foi completamente eliminada. O comportamento das larvas em jejum reitera os conhecimentos sobre a voracidade desses insetos. O consumo de afídeos pelas larvas é afetado por diferentes condições de temperatura e fotoperíodo. Os resultados obtidos poderão alicerçar propostas de mudanças na forma de manejo dessa praga em roseiras por meio da aplicação do controle biológico aumentativo com o uso de *C. externa*.

**Palavras-chave:** Capacidade predatória. Chrysopidae. Aphididae. Cultivo de roseira.

## ABSTRACT

The *Rhodobium porosum* aphid has a frequent occurrence in rose bushes and the use of insecticides for its control has caused several problems, including the resistance of the pest, acquired by the indiscriminate use of these chemicals. In order to search for an efficient form of population management of *R. porosum* in rose cultivations, the use of the aphidophagous predator *Chrysoperla externa* as a control agent was evaluated in the laboratory. Considering the growing importance of floriculture in several regions of the country and the possibility of biological control of this herbivore, the search for efficient natural enemies that can be applied as control agents should be investigated. Thus, the present work aimed to evaluate aspects of biology and to elaborate the life table of *C. externa* fed with *R. porosum*, as well as to know its predatory capacity and behavioral responses of predator larvae in different abiotic and biotic conditions. It was verified that this aphid is an adequate prey for the development of *C. externa*, without causing negative effects on its biology. Behavioral aspects of chrysopid larvae are associated with their satiety, density of available prey and predator: prey ratio. The control of *R. porosum* by larvae of *C. externa* proved to be efficient in both confined environments tested, and, in the 1:10 ratio, the aphid population was completely eliminated. The behavior of fasting larvae reiterates the knowledge about the voracity of these insects. The consumption of aphids by the larvae is affected by different temperature and photoperiod conditions. The results obtained may support proposals for changes in the way of handling this pest in rose bushes through the application of augmentative biological control with the use of *C. externa*.

Keywords: Predatory capacity. Chrysopidae. Aphididae. Rose bush cultivation.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>15</b>
<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS .....</b>	<b>19</b>
<b>ARTIGO 1.....</b>	<b>19</b>
<b>História de vida de <i>Chrysoperla externa</i> alimentada com <i>Rhodobium porosum</i>.....</b>	<b>20</b>
RESUMO .....	21
INTRODUÇÃO .....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
RESULTADOS .....	25
DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO .....	35
REFERÊNCIAS .....	36
<b>ARTIGO 2.....</b>	<b>41</b>
<b>Interações entre <i>Chrysoperla externa</i> e <i>Rhodobium porosum</i> em associação com roseiras: impacto sobre a atividade predatória.....</b>	<b>42</b>
RESUMO .....	43
INTRODUÇÃO .....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS .....	58
<b>ARTIGO 3.....</b>	<b>61</b>
<b>Temperatura e fotoperíodo: possíveis efeitos sobre o comportamento predatório de <i>Chrysoperla externa</i> .....</b>	<b>62</b>
RESUMO .....	63
INTRODUÇÃO .....	64
MATERIAL E MÉTODOS.....	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS .....	73
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o consumo de flores e plantas ornamentais vem crescendo ao longo de cada ano, tendo movimentado, em 2018, 8,1 bilhões de reais, com previsão de crescimento de 7% em 2019 (IBRAFLOR, 2019; JUNQUEIRA; PEETZ, 2014; SEBRAE, 2015). O país possui cerca de oito mil produtores de flores e plantas ornamentais, os quais produzem mais de 350 espécies (IBRAFLOR, 2017).

Dentre as plantas ornamentais, a rosa (*Rosa* sp.) é a flor mais antiga cultivada no mundo (BARBIERI & STUMPF, 2005; RIJSWICK, 2015), a de maior relevância mundial e a mais procurada pelo mercado consumidor brasileiro (IBRAFLOR, 2019; SEBRAE, 2015; TEIXEIRA et al., 2017). Além disso, a rosa é uma das culturas mais tradicionais e a flor de corte mais cultivada no Brasil, ocupando uma área de 430 ha, dos quais 150 encontram-se no estado de Minas Gerais (ALMEIDA et al., 2012; LANDGRAF; PAIVA, 2009; MARTINS et al., 2009).

O cultivo de roseiras, quer seja em ambiente aberto ou protegido, enfrenta alguns desafios, que em sua maioria estão relacionados à ocorrência de pragas e doenças. Entre as diversas espécies herbívoras, destacam-se os pulgões, moscas-brancas, tripses, ácaros, moscas minadoras, cochonilhas, lagartas e besouros (CARVALHO et al., 2009). Existem mais de trinta espécies de afídeos que podem atacar roseiras (GROZEA, 2006), dentre as quais encontra-se *Rhodobium porosum* (Sanderson, 1901) (Hemiptera: Aphididae), que possui ampla ocorrência e assume importância como inseto-praga da cultura no Brasil e no mundo (AGUIAR, 1999; BLACKMAN; EASTOP, 2000; FREITAS, 2001; HOLMAN, 2009). Uma pesquisa prévia em algumas regiões produtoras de rosas no sul de Minas Gerais evidenciou tratar-se de uma espécie com ampla ocorrência e elevada frequência nos cultivos de roseiras (Brígida Souza, comunicação pessoal, 2019). No entanto, segundo Carvalho et al. (2019) produtores de rosas já têm demonstrado interesse em produtos que tragam menos danos ao meio ambiente.

Nesse sentido, o controle biológico tem sido adotado em muitos cultivos comerciais de rosas, contudo, o uso de produtos químicos ainda é o método mais utilizado para a redução populacional da maioria das pragas da cultura (Brígida Souza, comunicação pessoal, 2019). Além de gerar maiores gastos, ocasionar a seleção de populações resistentes, danos ao meio ambiente e à saúde dos aplicadores e dos consumidores (CARVALHO et al., 2012; DIK; CEGLARSKA; ILOVAI, 2002), o controle químico compromete muitos serviços ecossistêmicos de importância para a produção agrícola, como o controle biológico e a polinização (GARIBALDI et al., 2016, TOGNI et al., 2018).

Estratégias estão sendo desenvolvidas visando a redução da aplicação de produtos fitossanitários com base nos preceitos propostos pelo manejo integrado de pragas (MIP). Landgraf e Paiva (2008) ressaltaram que a integração de diferentes medidas de controle na floricultura é a melhor forma de se reduzir a densidade populacional de pragas. Por meio de pesquisas, busca-se, então,

descobrir e/ou aperfeiçoar formas de ampliar possibilidades eficazes para o manejo desses organismos, entre os quais destaca-se o controle biológico aumentativo.

O uso de agentes biológicos produzidos em biofábricas e comercializados para liberação visando ao controle de pragas é assunto de grande atenção entre pesquisadores e empresas do ramo. Sob esse aspecto, os predadores e parasitoides assumem elevado potencial para o controle de afídeos (BUGG et al., 2008; CLARK, 2011; SOUZA et al., 2019). Entre os predadores incluem-se várias espécies de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) (BEZERRA et al., 2009; CARVALHO; SOUZA, 2009; FLINT, 2013; FREITAS, 2001; PRINCIPI; CANARD, 1984), algumas das quais são comercializadas, principalmente na Europa e Estados Unidos (KARAHROUDI; HATAMI, 2003; PAPPAS; BROUFAS; KOVEOS, 2011; TAUBER et al., 2000; van LENTEREN et al., 2018), visando ao manejo de artrópodes em diversas culturas estabelecidas em ambientes protegidos.

O número de agentes de controle biológico disponíveis no mercado vem aumentando a cada ano (van LENTEREN et al., 2018). No Brasil, o uso do controle biológico aumentativo é relativamente novo e o número de agentes biológicos disponíveis para comercialização era de apenas dez espécies de insetos e ácaros até o ano 2010 (PARRA, 2011). Mais recentemente, mais empresas começaram a produzir inimigos naturais para comercialização visando ao controle de pragas (PARRA, 2014). Isso tem levado a um crescimento de 20% ao ano, incluindo a produção de macro e microrganismos (PARRA; COELHO (2019), ao passo que, no mundo, o emprego de inimigos naturais tem crescido 10-15% (van LENTEREN et al., 2018).

Grande parte desse sucesso se deve ao uso de microrganismos entomopatogênicos, que dominam o mercado de produtos para controle biológico de pragas. Esses inimigos naturais são mais aceitos pelos produtores devido aos métodos de aplicação serem semelhantes àqueles utilizados para produtos químicos (PARRA; COELHO, 2019; van LENTEREN et al., 2018). Portanto, ainda existe uma lacuna na aplicação do controle biológico com o uso de predadores. Dessa forma, fazem-se necessárias pesquisas que possam embasar o emprego de macrorganismos como método de controle de pragas, levando ao aumento no número de espécies comercializadas, ao maior número de culturas beneficiadas e à continuidade desse crescimento.

Nesse sentido, já é possível destacar o êxito do uso de ácaros predadores para o controle do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae), na cultura da roseira, assim como dos inseticidas biológicos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae) e *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Berliner, 1915) (Eubacteriales: Bacillaceae) para o controle da mosca-branca, ácaro rajado e lagartas (ALMEIDA; PAIVA, 2014; CARVALHO et al., 2019B).

O predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) atua naturalmente na dinâmica populacional de artrópodes-praga em diversos cultivos, como plantas ornamentais, frutíferas e oleaginosas (BEZERRA et al., 2010; SOUZA et al., 2008), e será alvo das pesquisas por constituir-se em um agente promissor para o controle biológico aumentativo (BASTIDAS, 2013;

CARDOSO, 2015; CARVALHO; SOUZA, 2009; FREITAS, 2001; NUÑEZ, 1988; PEREIRA, 2016; PRINCIPI; CANARD, 1984; SOUSA, 2013; SOUZA; BEZERRA, 2019; TAMASHIRO, 2016). Assim o objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso de *Chrysoperla externa* como agente controlador de populações do pulgão *Rhodobium porosum*, uma espécie de importância e ocorrência comum na cultura da roseira, visando a busca de uma forma eficiente de se manejá-lo por meio do controle biológico aumentativo. Com os resultados do presente trabalho, almeja-se contribuir para maximização do emprego dessa estratégia de controle de pragas no Brasil, na medida em que as informações obtidas poderão alicerçar as recomendações para o uso desse crisopídeo para o controle de umas das principais pragas da roseira, o pulgão *R. porosum*.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. F. Pragas das culturas hortícolas e ornamentais protegidas. In: **Contribuição para a Proteção Integrada na região Autónoma da Madeira**. Secretaria Regional de Agricultura Florestas e Pescas, Editora de Carvalho, J. Passos, p. 85-98, 1999.
- ALMEIDA, E. F. A.; LESSA, M. A.; CARVALHO, L. M.; REIS, S. N.; PAIVA, P. D. O.; BARBOSA, J. C. V.; RIBEIRO, M. N. O. Produção de rosas de qualidade. **Boletim técnico EPAMIG**, Belo Horizonte, n. 100, 68p. 2012.
- ALMEIDA, E. F. A.; Paiva, P. D. O. Rosa. In: PAIVA, P. D. O.; ALMEIDA, E. F. A. **Produção de flores de corte**. v. 2. Lavras: Editora da UFLA, p. 607-708. 2014.
- BASTIDAS, J. S. Influência da interação roseira-coentro (*Coriandrum sativum*) – pulgão (*Macrosiphum euphorbiae*) (Aphididae) no comportamento de *Chrysoperla externa* (Chrysopidae). Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 94p. 2013.
- BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Origem, evolução e história das rosas cultivadas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 267-271, jul. /set. 2005.
- BEZERRA, C. E. S.; NOGUEIRA, C. H. F., SOMBRA, K. D. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; ARAÚJO, E. L. Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae): aspectos biológicos, potencial de utilização e perspectivas futuras. **Revista Caatinga**, Mossoró, 22 (3), p. 1-5. 2009.
- BEZERRA, C. E., TAVARES, P. K., MACEDO, L. P., FREITAS, S. D., ARAUJO, E. L. Green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) associated with melon crop in Mossoró, Rio Grande do Norte State, Brazil. **Neotropical entomology**, 39 (3), 454-455. 2010.
- BLACKMAN, R.; EASTOP, V. **Aphids on the world's crops. An identification guide**. Chichester, UK: John Wiley & Sons. 2000.
- BUGG, R.L., R. G. COLFER, W. E. CHANEY, H. A. SMITH, AND J. CANNON. Flower flies (Syrphidae) and other biological control agents for aphids in vegetable crops. Oakland: Univ. Calif. **Agriculture and Natural Resources Publication**. Publ. 8285, USA. 2008.
- CARDOSO, G. F. Interação intraguilddia entre *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em roseiras. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. 48p.
- CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2009. 430p.
- CARVALHO, L. M.; BUENO, V. H. P.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SILVA, R. A.; REIS, P. R. Pragas na floricultura: identificação e controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 36-46. 2009.
- CARVALHO, L. M.; ALMEIDA, K.; TAQUES, T. C.; SOARES, C. S. A.; ALMEIDA, E. F. A.; REIS, S. N. Manejo de pragas em cultivo de roseira de sistema de produção integrada e sistema convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 6, n. 28, p.938-944, nov/dez. 2012.
- CARVALHO, L. M., ALMEIDA, E. F. A., REIS, S.N. et al. Rosas. In: Paula Junior T, Venzon, M. (eds) **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Epamig, Belo Horizonte, p. 675–690. 2019.

CARVALHO, L. M., SOUZA, B., DE SOUSA, A. L. V. Ornamental Plants. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (p. 355-368). Springer, Cham. 2019B.

CLARK J.K., Lady Beetle Releases for Aphid Control: How to Help Them Work., University of California Davis. **Newsletter Retail Nursery and Garden Center IPM News**. June, 2011 (USA). 2011.

DIK, A. J.; CEGLARSKA, E.; ILOVAI, Z. Sweet peppers. In: ALBAJES, R. et al. **Integrated pests and disease management in greenhouse crops**. New York: Kluwer Academic, p. 473-485. 2002.

FLINT, M.L., Aphids: Integrated Pest Management for Home Gardeners and Landscape Professionals. How to Manage Pests/Pests in Gardens and Landscapes. **Pest Notes**. Publication 7404: 1-7pp. (USA). 2013.

FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 66 p. 2001.

GARIBALDI, L.A., CARVALHEIRO, L.G., VAISSIERE, B.E., GEMMILL-HERREN, B., HIPOLITO, J., FREITAS, B.M., NGO, H.T., AZZU, N., SAEZ, A., ASTROM, J., NA, J., BLOCHTEIN, B., BUCHORI, D., GARCIA, F.J.C., OLIVEIRA DA SILVA, F., DEVKOTA, K., RIBEIRO, M.F., FREITAS, L., GAGLIANONE, M.C., GOSS, M., IRSHAD, M., KASINA, M., FILHO, A.J.S.P., KIILL, L.H.P., KWAPONG, P., PARRA, G.N., PIRES, C., PIRES, V., RAWAL, R.S., RIZALI, A., SARAIVA, A.M., VELDTMAN, R., VIANA, B.F., WITTER, S., ZHANG, H. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**. 351:388–391. 2016.

GROZEA I. **Entomologie speciala**. Ed. Mirton, Timisoara, 368 p., România. 2006.

HOLMAN, J. **Host plant catalog of aphids in the Palaearctic region**. Branisovska, Czech Republic: Springer. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA – IBRAFLOR. IBRAFLOR, **Reporte annual**, Holambra, SP: IBRAFLOR, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA – IBRAFLOR. IBRAFLOR, **Reporte annual**, Holambra, SP: IBRAFLOR, 2019.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 20, p. 115-120, 2014.

KARAHROUDI, Z. R.; HATAMI, B. Comparison of two methods of releasing *Chrysoperla carnea* (Steph.) eggs against *Aphis gossypii* Glov. Under greenhouse conditions. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources**, Adelaide, v. 7, n. 2, p. 215-225, 2003.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. de O. Produção de flores cortadas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 120-126, 2009.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. de O. **Floricultura**: produção e comercialização no Estado de Minas Gerais, Lavras. Editora da UFLA, 101 p. 2008.

MARTINS, M.V.M.; VAZ, A. P. A.; MOSCA, J. L. Produção Integrada de Flores no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. et al. (Org.). **Produção Integrada no Brasil: agropecuária sustentável, alimentos seguros**. Brasília: MAPA/ACS, p. 491-496. 2009.

- NÚÑEZ, Z. E. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomología**, Lima, v. 31, p. 76-82, 1988.
- PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Chrysopid predators and their role in biological control. **Journal of Entomology**, 8 (3), 301-326. 2011.
- PARRA, J.R.P. Biological Control of Pests in Brazil: history, current status and perspectives = Controle biológico de pragas no Brasil: histórico, situação atual e perspectivas. **Ciência e Ambiente**. v.43, p.7-18. 2011.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agrícola**, v.71, n.5, p. 420-429. 2014.
- PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. **Journal of Insect Science**, 19 (2), 5. 2019.
- PEREIRA, L. L. Consumo e preferência alimentar dos crisopídeos *Chrysoperla externa* e *Ceraeochrysa cubana* pelos afídeos da roseira *Macrosiphum rosae* e *Rhodobium porosum*. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 64p.
- PRINCIPI, M. M.; CANARD, M. Feeding habits. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. **Biology of Chrysopidae**. Hague: W. Junk, p. 76-92. 1984.
- RIJSWICK, C. V. World Floriculture Map 2015. **Rabobank Industry**. As rosas são a principais flores de corte comercializada mundialmente. Note 475, p. 1–4, 2015.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS-SEBRAE. Flores e plantas ornamentais do Brasil: volume 2 -série estudos mercadológicos. Brasília, DF: SEBRAE, 2015.
- SOUZA, B., BEZERRA, C. E. S. Predatory Insects. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 175-188). Springer, Cham. 2019.
- SOUZA, B.; COSTA, R. I. F.; TANQUE, R. L.; OLIVEIRA, P.S.; SANTOS, F. A. Aspectos da predação entre larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n. 3, p.712-716. 2008.
- SOUZA, B., DOS SANTOS-CIVIDANES, T. M., CIVIDANES, F. J., DE SOUSA, A. L. V. Predatory Insects. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 73-87). Springer, Cham. 2019.
- SOUSA, A. L. V. D. Métodos de liberação de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) visando o controle de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae) em roseiras sob cultivo protegido. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. 67p.
- TAMASHIRO, L. A. G. Interação intraguildd entre *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Meneville) e suas implicações no controle de pulgões da roseira. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 80p.
- TAUBER, M. J., TAUBER, C. A., DAANE, K.M., HAGEN, K.S. Commercialization of predators: Recent lesson from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). **American Entomologist**, Lanham, n. 46, p. 26-38, 2000.

TEIXEIRA, E. A.; ALMEIDA, E. F. A.; CARVALHO, L. M.; MENDONÇA, de. F.M. Análise de viabilidade econômica e financeira em cultivos de rosas com diferentes dosagens de nitrogênio. **XXIV Congresso Brasileiro de Custos: Florianópolis**, nov., 2017.

TOGNI, P.H.B; VENZON, M.; SOUZA L.M.; SANTOS, J.P.C.R.; SUJII, E.R. Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of pest science**. 2018.

VAN LENTEREN, J. C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W. J., URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, 63 (1), 39-59. 2018.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1**

**História de vida de *Chrysoperla externa* alimentada com *Rhodobium porosum***  
**Life history of *Chrysoperla externa* fed on *Rhodobium porosum***

Laodicéia Lopes Pereira<sup>1</sup>; Mirian Nunes Morales<sup>2</sup>; Brígida Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras - MG, Brasil. E-mail: laulopes28@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras - MG, Brasil. E-mail: mirianmorales@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras - MG, Brasil. E-mail: brgsouza@ufla.br

## RESUMO

Muitas espécies de Chrysopidae (Neuroptera) são predadores eficazes e já usados no controle de pragas em alguns países. *Chrysoperla externa* é uma espécie amplamente distribuída na região Neotropical e, no Brasil, vem sendo alvo da maior parte dos estudos que visam o uso de crisopídeos como agentes de controle biológico aumentativo. No entanto, são relativamente escassas as pesquisas que investigam as interações desse predador com as pragas de plantas ornamentais. Entre as pragas que acometem os cultivos de roseiras encontram-se os afídeos, dentre eles *Rhodobium porosum*, que são presas vulneráveis ao ataque por larvas de crisopídeos. Resultados conclusivos sobre o desenvolvimento do predador consumindo o pulgão *R. porosum* ainda não foram realizados. Assim, o objetivo deste trabalho foi conhecer aspectos da biologia e a tabela de vida de *C. externa* obtidos a partir de larvas alimentadas exclusivamente com ninfas e adultos do afídeo provenientes de roseirascv. Avalanche. Os resultados obtidos para a maior parte dos parâmetros biológicos avaliados com o uso de *R. porosum* assemelharam-se àqueles obtidos com ovos de *E. kuehniella*, os quais foram usados como referência por serem uma presa alternativa adequada para o desenvolvimento do predador. O afídeo não causou efeitos negativos sobre o desenvolvimento de *C. externa*, assegurando elevada taxa de sobrevivência nas fases imaturas e garantindo o fechamento do seu ciclo de vida. Verificou-se, a partir desses resultados, que essa presa é capaz de satisfazer as exigências nutricionais do predador. Estes resultados poderão alicerçar propostas de mudanças na forma de manejo dessa praga em roseiras por meio da adoção do controle biológico aumentativo com o uso de *C. externa*.

**Palavras-chave:** biologia, tabela de vida, Aphididae, crisopídeo.

## INTRODUÇÃO

A crescente conscientização dos produtores e consumidores com relação aos efeitos adversos causados pelos produtos químicos tem contribuído para que novos métodos de controle sejam utilizados, entre eles o uso de inimigos naturais (CARVALHO et al., 2019; van LENTEREN et al., 2018). Nesse sentido, o Brasil vem apresentando um uso crescente de agentes biológicos para o controle de pragas (PARRA; COELHO, 2019; van LENTEREN et al., 2018), no entanto, a maioria deles inclui microrganismos entomopatogênicos, ácaros e parasitoides (BRODEUR et al., 2018). Portanto, fazem-se necessários mais estudos que possam fundamentar o uso de artrópodes predadores para o controle biológico.

É sabido que muitas espécies de Chrysopidae (Neuroptera) são predadores eficazes e já usados no controle de pragas em alguns países (BEZERRA et al., 2009; CARVALHO; SOUZA, 2009; PAPPAS; BROUFAS; KOVEOS, 2011). *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) é uma espécie amplamente distribuída na região Neotropical e, no Brasil, vem sendo alvo da maior parte dos estudos que visam o uso de crisopídeos como agentes de controle biológico aumentativo (CARVALHO et al., 2019). No entanto, resultados conclusivos sobre o emprego desses insetos como insumo agrícola ainda são escassos.

Um dos principais critérios utilizados na busca por um inimigo natural para uso como agente de controle biológico, refere-se ao conhecimento da sua biologia quando associado à praga alvo do controle. Contudo, concluir sobre sua eficiência sob condições de laboratório pode colocar em risco um programa de manejo da praga. Ainda que generalistas, as larvas de *C. externa* podem consumir presas não adequadas ao seu desenvolvimento e reprodução (CARVALHO; SOUZA, 2009; SOUZA et al., 2019; SOUZA; BEZERRA, 2019), assim como terem suas funções biológicas afetadas pelo tipo de planta hospedeira colonizada pela presa (SILVA, 2003).

Entre a gama de presas aceitáveis pelas larvas de *C. externa*, encontra-se o afídeo *Rhodobium porosum* (Sanderson, 1901) (Hemiptera: Aphididae), uma espécie polífaga que frequentemente atinge densidades populacionais elevadas em diversas plantas hospedeiras, entre as quais encontram-se várias ornamentais (AGUIAR, 1999). A interação roseira *R. porosum* geralmente encontra-se estabelecida em diversos cultivos comerciais, seja em ambientes protegidos ou em cultivos abertos (Brígida Souza, comunicação pessoal, 2019).

Os principais danos causados aos seus hospedeiros são hastes tortas, atrofia dos brotos, enrolamento e queda de folhas. Além disso, excretam uma substância açucarada, conhecida como *honeydew*, que propicia o desenvolvimento de fungos, levando à formação da fumagina (FREITAS, 2001; JASKIEWICZ, 1997; STOETZEL; HILBURN, 1990). A grandeza das perdas derivadas do ataque desse inseto exige a tomada de medidas de controle de suas populações por parte dos produtores que, na maioria das vezes, utilizam o método químico como estratégia para a redução das

suas populações (AGUIAR, 1999; BLACKMAN; EASTOP, 2000; FREITAS, 2001; HOLMAN, 2009).

A demanda por métodos mais seguros e sustentáveis para o controle de pragas, os quais possam reduzir o uso desenfreado de produtos químicos na agricultura e em cultivos de ornamentais, tem direcionado as pesquisas no sentido de investigar a eficiência e viabilidade do uso de inimigos naturais na regulação populacional desses organismos indesejáveis. Com este trabalho, objetivou-se conhecer características biológicas de *C. externa* e elaborar a tabela de vida desse predador associado à presa *R. porosum* proveniente de roseiras.

## MATERIAL E MÉTODOS

Roseiras cv. Avalanche foram utilizadas como hospedeiras para criação de *R. porosum*. As plantas foram cultivadas em vasos, em casa-de-vegetação da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, as quais foram infestadas por espécimes do afídeo provenientes de criação mantida em laboratório do Departamento de Entomologia (DEN) da UFLA. As larvas de *C. externa* foram provenientes de ovos da geração F3, tomados da criação existente no DEN/UFLA.

Além da presa natural, *R. porosum*, foram fornecidos ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae). Esse alimento foi utilizado como tratamento controle por constituir-se em presa alternativa de uso tradicional nas criações de crisopídeos para pesquisa e na produção em larga escala (CARVALHO; SOUZA, 2009). Assim, o experimento constou de dois tratamentos dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 50 repetições, os quais foram compostos por ninfas e adultos de *R. porosum* e ovos de *E. kuehniella*. Em ambos os tratamentos as presas foram fornecidas diariamente e “ad libitum” ao longo de todo período larval de *C. externa*.

Os ovos foram coletados com até 24 horas de idade e individualizados em tubos de vidro (2,5 x 8,5 cm) que foram vedados com tecido “voil” preso com elástico e mantidos em sala climatizada a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

Após a eclosão, as larvas foram transferidas para folíolos de roseira colocados com a superfície abaxial voltada para cima, em placas de Petri (5 cm Ø) contendo uma fina camada de água/ágar 1%. Nos folíolos, as larvas tiveram acesso a ninfas e adultos (ápteros e alados) de *R. porosum*, retirados indiscriminadamente da criação de manutenção, em número suficiente para se alimentarem à vontade. As placas foram fechadas com tecido “voil” preso com elástico para evitar a fuga dos insetos. O número de afídeos fornecidos foi definido a partir de resultados obtidos em ensaios preliminares, desenvolvidos nas mesmas condições.

Após a emergência, os adultos foram separados em casais e colocados em gaiolas de policloreto de vinila (PVC) (10 x 10 cm), onde receberam uma dieta alimentar preparada com lêvedo de cerveja e mel (1:1) e água fornecida em algodão. A cada três dias contavam-se os ovos produzidos nesse período e tomavam-se amostras compostas por dez ovos de cada casal para avaliação da

viabilidade. Para tal, os ovos eram individualizados em placas para teste ELISA (do inglês Enzyme-Linked Immunosorbent Assay).

Nas fases imaturas, as observações foram realizadas diariamente até a emergência dos adultos, avaliando-se a duração (dias) e viabilidade (%) de cada instar, das fases de larva, pré-pupa, pupa e do período larva-adulto. Após emergirem, foram avaliados o peso (mg) de machos e fêmeas (após liberação do mecônio) e a razão sexual.

A história de vida de *C. externa* foi obtida por meio da metodologia da Tabela de vida de dois sexos, por idade e fase de desenvolvimento (*Age-stage Two-sex Life Table*) (CHI; LIU, 1985; CHI, 1988). Os dados foram analisados com o uso do Programa TWOSEX-MSCHART (CHI, 2020) para o sistema operacional Windows, disponível em <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm> (Chung Hsing University, Taichung, Taiwan).

Analisaram-se os seguintes parâmetros biológicos: **1)** Taxa de sobrevivência específica por idade da fase de desenvolvimento ( $S_{xj}$ , onde  $x$  é a idade em dias, e  $j$  a fase de desenvolvimento); **2)** Expectativa de vida por idade da fase de desenvolvimento ( $e_{xj}$ ), a qual estima o tempo de vida que um espécime da idade  $x$  e fase  $j$  deve atingir após uma unidade de tempo (CHI; SU, 2006); **3)** Taxa de sobrevivência por idade específica ( $lx$ ), que é obtida pela combinação das taxas de sobrevivência de todas as fases da mesma idade; **4)** Fecundidade por idade específica ( $mx$ ), que é a média da prole por espécime na idade  $x$ , incluindo todos os espécimes vivos nessa idade e de diferentes fases, que contribuem para o valor reprodutivo; **5)** Maternidade por idade específica ( $lxmx$ ) (CHI; LIU, 1985; CHI, 1988); **6)** Fecundidade por idade da fase ( $f_x$ ), que é a razão do número total de ovos postos por todas as fêmeas na idade  $x$  pelo total de fêmeas vivas naquela idade (CHANG et al., 2016); **7)** Valor reprodutivo por idade da fase de desenvolvimento ( $v_{xj}$ ), o qual é estimativa da contribuição de um espécime na idade  $x$  e fase  $j$  para a população futura (CHI, 2011; FISHER, 1930; HUANG; TUAN 2014a, 2014b).

Quanto aos parâmetros reprodutivos, estimaram-se: 1) a produção média, diária e total máxima de ovos (ovos/fêmea); 2) o período de pré-oviposição do adulto [número de dias decorridos da emergência da fêmea até sua primeira oviposição (APOP)]; 3) o período de pré-oviposição total [número de dias decorridos da eclosão da larva até sua primeira oviposição (TPOP)].

Além dos parâmetros biológicos, os seguintes parâmetros populacionais foram calculados: 1) taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ); 2) taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ); 3) taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ); e 4) tempo médio da geração ( $T$ ).

O método de Bootstrap (com 100.000 reamostragens) foi utilizado para estimar as médias e erros padrão da longevidade e dos parâmetros reprodutivos e populacionais. Isto se deve pelo fato da metodologia da Tabela de vida de dois sexos, por idade e fase de desenvolvimento incluir as respostas da variabilidade sexual na população (AKKÖPRÜ et al., 2015; EFRON; TIBSHIRANI, 1993; HESTERBERG, 2008; HUANG E CHI, 2011; YU et al., 2013). As diferenças dos parâmetros biológicos e populacionais entre os tratamentos foram analisadas pelo teste de bootstrap pareado com

base no intervalo de confiança (CROWLEY, 1992; EFRON; TIBSHIRANI, 1993; HESTERBERG et al., 2005; REDDY; CHI, 2015; SEDIGHI, et al., 2017; SMUCKER et al., 2007).

## RESULTADOS

Os resultados obtidos com a presa *R. porosum* assemelharam-se àqueles obtidos com ovos de *E. kuehniella*, usados como controle. Apenas alguns parâmetros avaliados foram significativamente diferentes.

### *Efeito das presas no ciclo de vida*

Para a duração dos instares e das fases de desenvolvimento, houve diferenças significativas apenas para o segundo e terceiro estádios e para a fase de pré-pupa, os quais foram mais curtos para larvas que se alimentaram de ovos de *E. kuehniella* (Tabela 1). Os tempos de desenvolvimento de cada instar/fase de *C. externa* para larvas alimentadas com as presas estudadas estão listados na Tabela 1.

A taxa de sobrevivência de toda a fase imatura de *C. externa* foi de 76% para larvas alimentadas com *R. porosum*, e de 72% para larvas alimentadas com *E. kuehniella*

**Table 1** Developmental time of each stage (days) of *Chrysoperla externa* reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $70 \pm 10\%$  RH, and its larval stage fed on *Rhodobium porosum* or *Ephestia kuehniella*. (SE = Standard Deviation; N = Number of observations).

Parameters	Stage	<i>Rhodobium porosum</i>			<i>Ephestia kuehniella</i>		
		N	Mean $\pm$ SE	Range	N	Mean $\pm$ SE	Range
Developmental time (days)	Egg	50	4 $\pm$ 0.00a	4	50	4 $\pm$ 0.00a	4
	Larva 1	50	3.02 $\pm$ 1.98a	3-4	50	3.02 $\pm$ 1.98a	3-4
	Larva 2	50	3.18 $\pm$ 0.05a	3-4	48	2.85 $\pm$ 0.05b	2-3
	Larva 3	48	3.94 $\pm$ 0.14a	3-7	48	3.17 $\pm$ 0.54b	3-4
	Pré-Pupa	48	3.5 $\pm$ 0.07a	3-4	48	3.21 $\pm$ 0.06b	3-4
	Pupa	38	7.10 $\pm$ 0.10a	6-9	36	7.22 $\pm$ 0.09a	6-8
	Adult	38	57.62 $\pm$ 4.35a	9-116	36	50.94 $\pm$ 4.32a	10-130
	Female	15	53.27 $\pm$ 6.40a	11-116	18	42.91 $\pm$ 4.53a	10-78
	Male	23	60.46 $\pm$ 5.89a	9-115	18	59.03 $\pm$ 7.00a	13-130
Total life cycle length*	Egg-Adult	38	82.43 $\pm$ 4.35a	33-140	36	74.45 $\pm$ 4.31a	34-153

N = Number of observations. Standard Error (SE) was calculated by using Bootstrap procedure with 100,000 resampling.

\* Total life cycle length mean was calculated taking into account only individuals that reached the adult stage

As médias seguidas de letras diferentes (a ou b) são significativamente diferentes.

O tipo de presa consumida pelas larvas não afetou significativamente a duração da fase adulta, tampouco a duração total do ciclo de vida. As médias da longevidade entre fêmeas e machos não foram significativamente diferentes entre os tratamentos.

A razão sexual dos adultos emergidos foi de 1,53:1 e de 1:1 (♂:♀), nos tratamentos com *R. porosum* e *E. kuehniella* respectivamente.

#### ***Taxa de sobrevivência e expectativa de vida***

Para larvas supridas com *R. porosum*, a taxa de sobrevivência no período embrionário e no primeiro instar foi 100%, no segundo instar foi 96% e no terceiro foi 100%. A fase de pré-pupa e pupa apresentaram uma sobrevivência de 79% e 100%, respectivamente. Portanto, verificou-se que o período do desenvolvimento em que *C. externa* foi mais vulnerável à mortalidade correspondeu à fase de pré-pupa, quando 21% dos indivíduos morreram. Mortalidade mais elevada também foi verificada nessa fase para insetos supridos com ovos de *E. kuehniella*. Considerando-se toda a fase de larva, sem discriminação dos instares, verificou-se que a taxa de sobrevivência foi relativamente alta, decaindo após a mudança para a fase de pré-pupa (Figura 1). Os adultos começaram a emergir a partir do 23º dia do início da fase de ovo e 16º dia do início da fase de pupa. A sobrevivência verificada para cada uma das fases e instares de *C. externa*, derivadas do fornecimento de *R. porosum*, foi similar à constatada quando supridas com ovos de *E. kuehniella* (Figura 1).

A mortalidade de machos e fêmeas de *C. externa* ocorreu de forma paulatina ao longo do período de vida dos adultos, não sendo evidenciado nenhum pico expressivo que pudesse caracterizar maior vulnerabilidade. Verificaram-se sobreposições entre as fases de vida do predador, o que evidencia a variabilidade no desenvolvimento dos indivíduos (Figura 1 e 2).

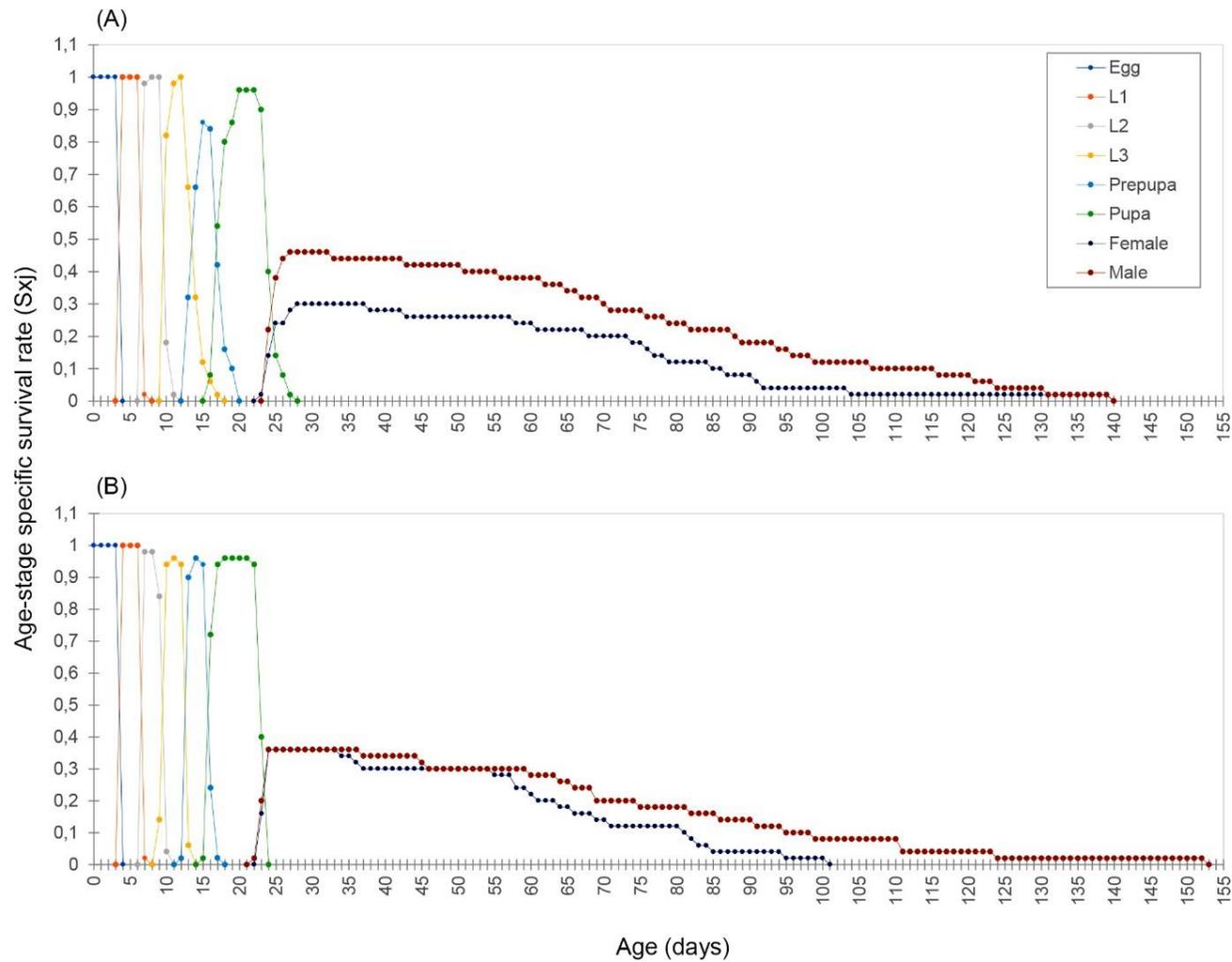
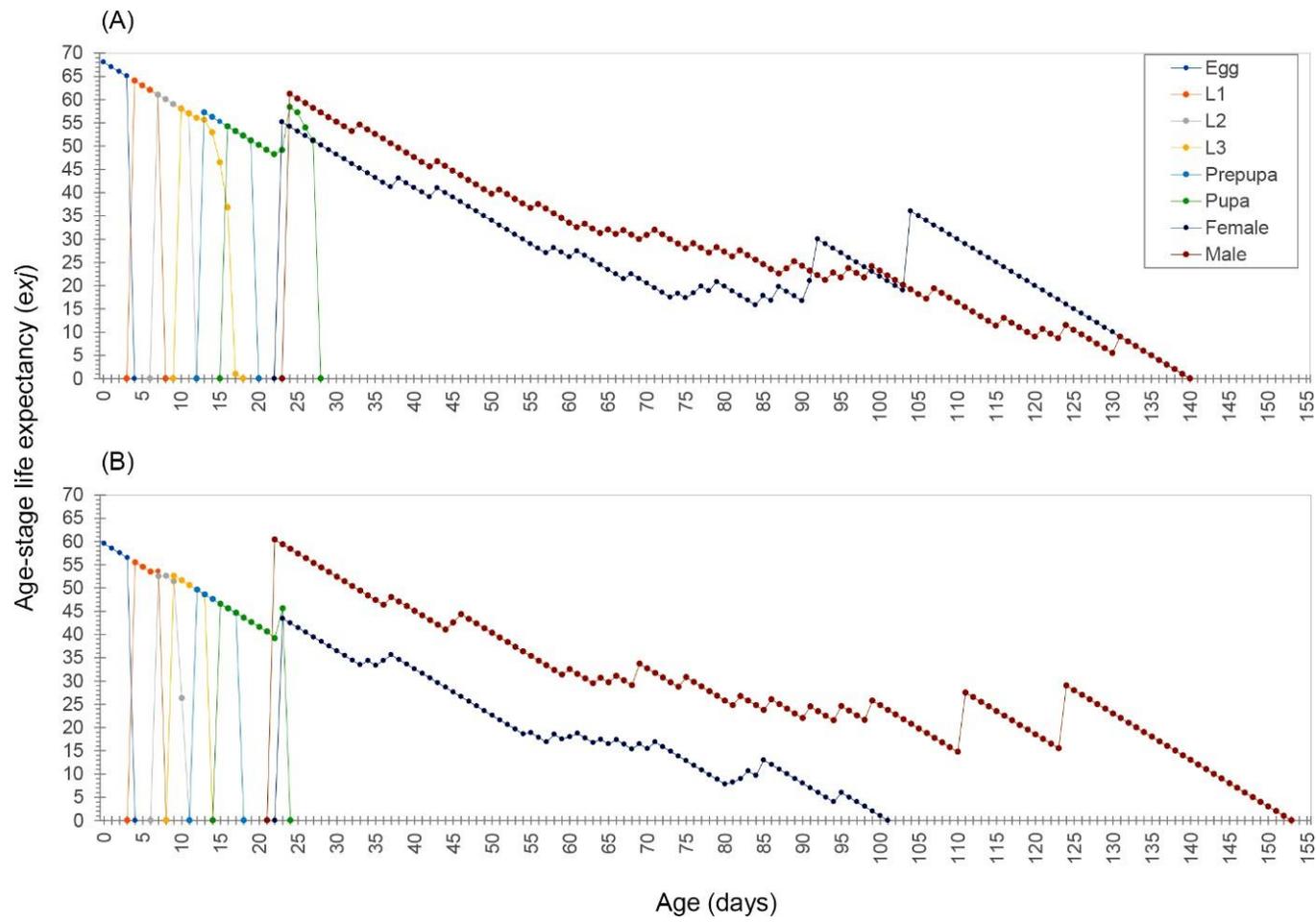


Figura 1 Taxa de sobrevivência específica por idade da fase de desenvolvimento ( $S_{xj}$ ) de *Chrysoperla externa* alimentada com *Rhodobium porosum* (A) e ovos de *Ephestia kuehniella* (B) a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 10\%$  UR.



**Figura 2** Expectativa de vida por idade da fase de desenvolvimento de *Chrysoperla externa* alimentada com *Rhodobium porosum* (A) e ovos de *Ephestia kuehniella* (B) a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 10\%$  UR.

### ***Parâmetros reprodutivos***

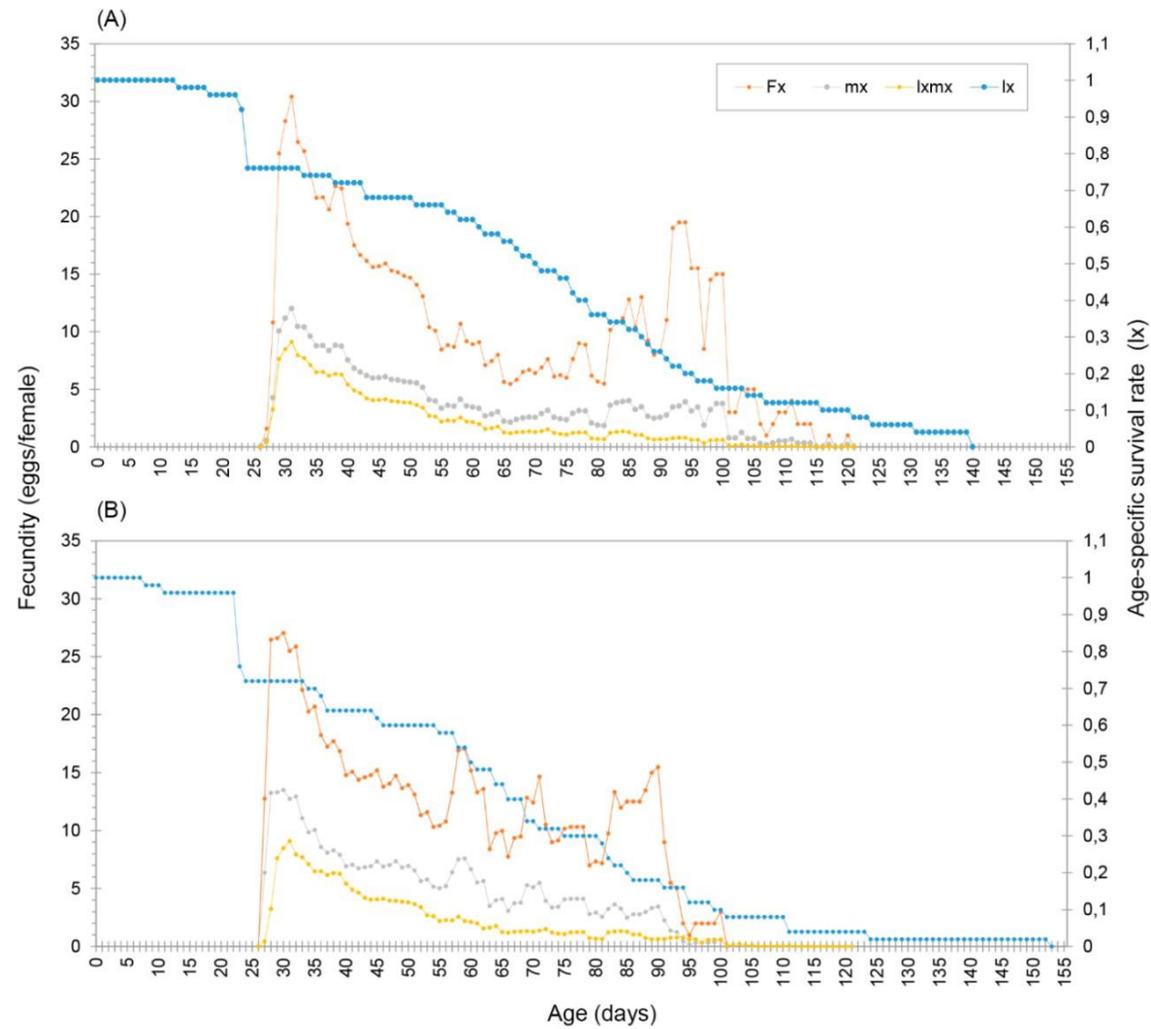
Todas as fêmeas obtidas em ambos os tratamentos produziram ovos. Não houve diferenças significativas entre os parâmetros reprodutivos obtidos para adultos de *C. externa* provenientes de larvas alimentadas com *R. porosum* ou *E. kuehniella*. Exceção é feita para o período pré-reprodutivo total, que foi mais longo para fêmeas oriundas de larvas alimentadas com *R. porosum*, para as quais houve um atraso de, aproximadamente, 1,5 dia para o início da oviposição (Tabela 2).

**Table 2** Reproductive parameters of *Chrysoperla externa* females reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $70 \pm 10\%$  RH, and its larval stage fed on *Rhodobium porosum* and *Ephestia kuehniella*. (SD = Standard Deviation; N = Number of observations; APOP: Adult female preoviposition period; TPOP: Total preoviposition period (from larval hatching)).

<b>Parameters</b>	<i>Rhodobium porosum</i>			<i>Ephestia kuehniella</i>		
	<b>N</b>	<b>Mean <math>\pm</math> SE</b>	<b>Range</b>	<b>N</b>	<b>Mean <math>\pm</math> SE</b>	<b>Range</b>
Fecundity (eggs/female)	15	666.91 $\pm$ 96.20a	80-1637	18	599.41 $\pm$ 78.16a	88-1405
Maximum daily fecundity (eggs/female)		48			44	
Maximum life span fecundity (eggs/female)		1607			1405	
Oviposition (days)	15	39.01 $\pm$ 5.39a	4-63	18	34.40 $\pm$ 4.16a	6-66
APOP (days)	15	4 $\pm$ 0.29a	2-7	18	4 $\pm$ 0.00a	4
TPOP (days)	15	28.93 $\pm$ 0.33a	27-32	18	27.55 $\pm$ 0.12b	27-28

N = Number of observations. Standard Error (SE) was calculated by using Bootstrap procedure with 100,000 resampling. As médias seguidas de letras diferentes (a ou b) são significativamente diferentes.

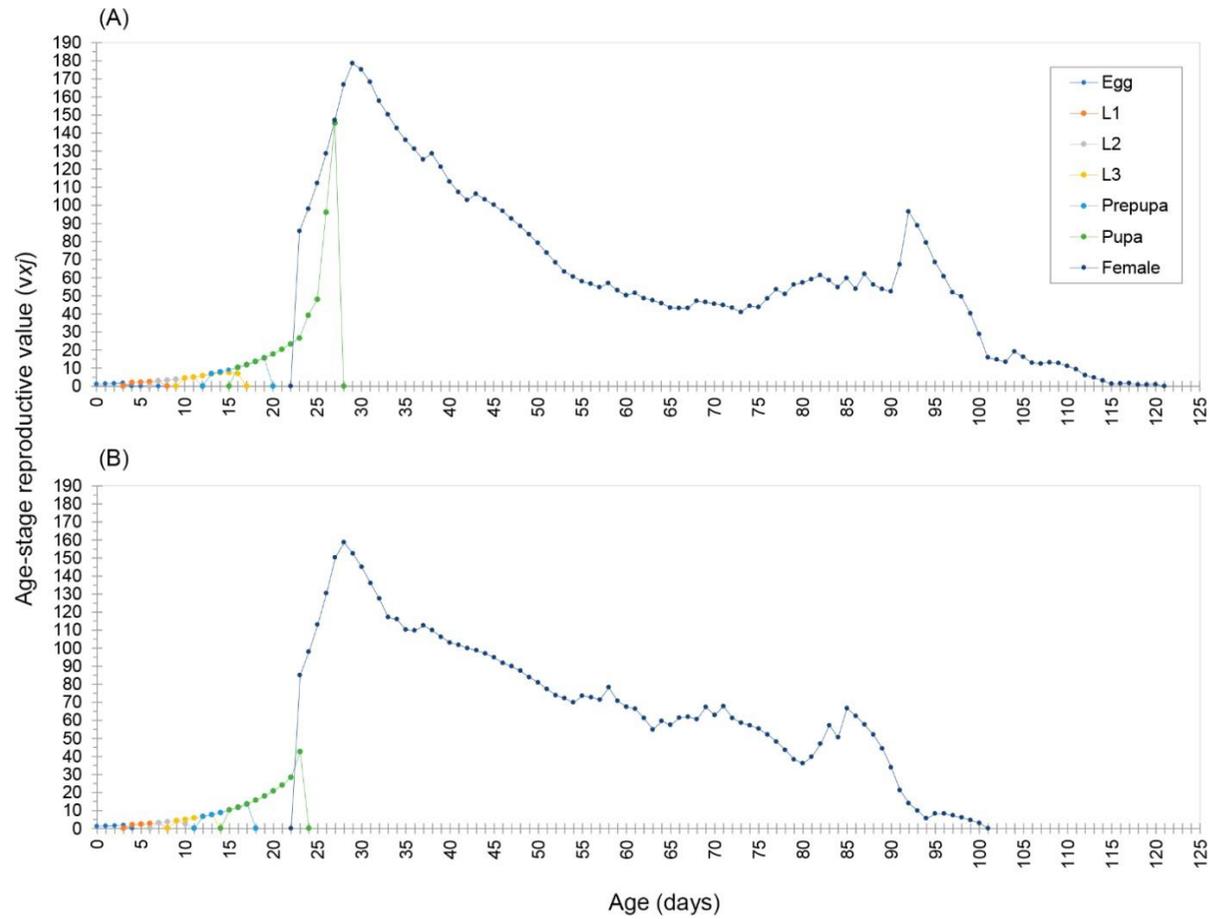
A primeira postura no tratamento com *R. porosum* ocorreu no 27° dia do ciclo, com uma média de 1,57 ovos por fêmea. O pico de fecundidade ocorreu no 31° dia do ciclo, com um total de 351 ovos, o que equivale a uma produção diária média de 30,4 ovos por fêmea (Figura 3). A última oviposição ocorreu no 120° dia do ciclo. A fêmea mais longeva viveu até o 139° dia. Resultados similares foram encontrados para o tratamento com ovos de *E. kuehniella* (Figura 3).



**Figura 3** Fecundidade por idade da fase ( $fx$ ), fecundidade por idade específica ( $mx$ ), maternidade por idade específica ( $lmx$ ) e taxa de sobrevivência por idade específica ( $lx$ ) de *Chrysoperla externa* alimentada com *Rhodobium porosum* (A) e ovos de *Ephestia kuehniella* (B) a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 10\%$  UR.

Com relação ao valor reprodutivo de *C. externa* alimentada com *R. porosum*, a curva tem início com a emergência da primeira fêmea, no 22º dia do ciclo, apresentando um acréscimo significativo ao longo da fase adulta. À medida que as fêmeas vão atingindo idade mais avançada, vão reduzindo a produção de ovos, o valor reprodutivo vai diminuindo gradativamente até chegar a zero, o que ocorre no 121º dia do ciclo (um dia após a última oviposição) (Figura 4).

Em se tratando dos parâmetros avaliados para os ovos de *C. externa*, não houve diferença significativa entre os dois tratamentos, ou seja, as taxas de fertilidade, infertilidade e inviabilidade não foram afetadas pelo tipo de alimento ingerido na fase larval. As porcentagens de ovos férteis, inférteis e inviáveis foram 77,89%, 12,69% e 9,37%, respectivamente.



**Figura 4** Valor reprodutivo por idade da fase de desenvolvimento ( $v_{xj}$ ) de *Chrysoperla externa* alimentada com *Rhodobium porosum* (A) e ovos de *Ephestia*

*kuehniella*

(B)

a

25

±

1°C

e

70

±

10%

UR.

### Parâmetros populacionais

Os parâmetros populacionais obtidos para *C. externa* apresentaram crescimento positivo e não diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabela 3).

**Table 3** Population parameters of *Chrysoperla externa* reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $70 \pm 10\%$  RH, and its larval stage fed on *Rhodobium porosum* and *Ephestia kuehniella*.

Parameter	<i>Rhodobium porosum</i>	<i>Ephestia kuehniella</i>
	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE
Intrinsic rate of increase, $r$ (days <sup>-1</sup> )	0.1345 $\pm$ 0.007	0.1419 $\pm$ 0.006
Finite rate of increase, $\lambda$ (days <sup>-1</sup> )	1.1440 $\pm$ 0.008	1.1525 $\pm$ 0.007
Net reproductive rate, $R_0$ (descendants/specimen)	200.06 $\pm$ 51.397	215.67 $\pm$ 49.240
Mean generation time, $T$ (days)	39.1566 $\pm$ 0.872	37.689 $\pm$ 0.893

Standard Error (SE) was calculated by using Bootstrap procedure with 100,000 resampling.

## DISCUSSÃO

O afídeo *R. porosum* constitui-se em presa adequada para o desenvolvimento de *C. externa*, não acarretando efeitos negativos sobre a biologia do crisopídeo. Larvas do predador se desenvolvem e completam seu ciclo de vida quando alimentadas com *R. porosum* provenientes de roseiras cv. Avalanche. Pode-se observar que o crisopídeo não teve seu ciclo de vida alterado quando as larvas foram supridas com uma dieta alimentar composta exclusivamente por ninfas e adultos do afídeo. A ausência de diferenças significativas entre a maioria dos parâmetros biológicos e populacionais avaliados para larvas alimentadas com ninfas e adultos desse afídeo e aquelas alimentadas com ovos de *E. kuehniella* (tratamento controle) sugere que *R. porosum* é uma presa adequada para o desenvolvimento e reprodução do predador. Essas constatações são fundamentadas nos resultados paralelos obtidos com o suprimento de ovos de *E. kuehniella* às larvas do crisopídeo, uma vez que esse alimento alternativo garante o crescimento, desenvolvimento reprodutivo, fecundidade e sobrevivências satisfatórias a esse crisopídeo (CARVALHO; SOUZA, 2009; TAUBER et al. 2000; SOUZA; BEZERRA, 2019). Reiterando os resultados obtidos, adultos de *C. externa*, que durante a fase larval se alimentaram do pulgão, tiveram a mesma longevidade em relação às aquelas alimentadas com ovos de *E. kuehniella*, ou seja, o tipo de alimento ingerido na fase larval não influenciou a duração da fase adulta.

A duração dos três instares larvais e das fases de pré-pupa e pupa foram similares aos resultados de Barbosa et al. (2006) e Ferreira (2015) ao avaliarem aspectos biológicos de *C. externa* alimentada com o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer, 1776). Nossos resultados também se assemelharam àqueles obtidos por Schlick-Souza et al. (2011) e Cuello et al. (2019), os quais avaliaram o desenvolvimento de *C. externa* alimentada com *Aphis gossypii* Glöver, 1877 em algodoeiro e ninfas de *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) em eucalipto, respectivamente. Além disso, os resultados

para a fase larval foram similares aos obtidos por Tavares et al. (2012) que também avaliaram larvas de *C. externa* alimentadas com ovos de *E. kuehniella*.

No entanto, os valores obtidos neste trabalho diferem daqueles de Costa et al. (2012) e Ribeiro et al. (2011), que observaram períodos mais longos para *C. externa* alimentada com *Neotoxoptera formosana* Takahashi, 1921 e *Bonagota cranaodes* (Meyrick, 1937), respectivamente. Tais divergências podem estar relacionadas a características intrínsecas à presa, tais como seu valor nutricional para o predador. Haramboure et al. (2016), testando dietas artificiais para *C. externa*, também constataram um prolongamento das fases imaturas desse crisopídeo, em relação aos resultados do presente trabalho. Essa discussão vai ao encontro de outras pesquisas realizadas por muitos pesquisadores sobre os efeitos da dieta alimentar sobre o tempo de desenvolvimento da fase larval de *C. externa* (OSMAN e SELMAN, 1996; PRINCIPI e CANARD, 1984).

A fase de pré-pupa foi cerca de 45% mais curta que a fase de pupa, fato que reitera observações de diversos autores (COSTA et al., 2003; COSTA et al., 2012; FIGUEIRA et al., 2000; FONSECA et al., 2001; LÓPEZ-ARROYO et al., 2000; MACEDO et al., 2010; SILVA et al., 2002).

Por outro lado, a duração da fase de pupa foi semelhante aos resultados de Costa et al. (2003), usando ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819), e também similares aos de Fonseca et al. (2001) que forneceram *A. gossypii* criado em quatro cultivares de algodoeiro.

Os períodos de pré-oviposição obtidos com os dois tipos de presas foram semelhantes ao verificado por Deza Alvarez (2017), Martins e Freitas (2014) e Barbosa et al. (2006), a 25°C, mas divergente daquele constatado por Costa et al. (2012) e Ribeiro et al. (2011). No entanto, o número de ovos por fêmea foi maior que o encontrado por Barbosa et al. (2006), Martins e Freitas (2014) e Ribeiro et al. (2011), provavelmente porque o período de avaliação estudado por esses autores foi pré- definido, não sendo avaliada a fecundidade ao longo de todo o período reprodutivo das fêmeas de *C. externa*. Macedo et al. (2010) e Cuello et al. (2019) também observaram um menor número de ovos por fêmea, enquanto Costa et al. (2012) constataram uma produção mais elevada. Tais divergências podem estar relacionadas às diferentes condições ambientais em que os experimentos foram desenvolvidos, assim como a diferenças intrínsecas ao alimento oferecido na fase larval. Conforme já indicava Hagen (1976), a qualidade da presa ingerida na fase larval pode afetar os parâmetros reprodutivos dos adultos.

A longevidade média de *C. externa*, independentemente do sexo, assim como a maior longevidade verificada para os machos em relação às fêmeas, aproximou-se dos resultados obtidos por Macedo et al. (2010) e Cuello et al. (2019). Costa et al. (2012) também constataram que os machos foram mais longevos que as fêmeas, no entanto, a duração da fase adulta ainda foi inferior à encontrada no presente trabalho, para ambos os sexos. A princípio, a maior longevidade das fêmeas aumenta a probabilidade de deixar maior número de descendentes e, conseqüentemente, elevar as perspectivas de sucesso do controle biológico, uma vez que são as larvas as responsáveis pela

predação. Contudo, deve-se ressaltar a possibilidade da ocorrência de fêmeas longevas que apresentam um período reprodutivo relativamente curto.

A produção total de ovos por fêmea foi maior que a verificada por Cuello et al. (2019), Deza Alvarez (2017), Macedo et al. (2010) e Ribeiro et al. (2011) estudando *C. externa* alimentada com diferentes tipos de presas. Com relação à viabilidade dos ovos, verificou-se um valor inferior ao obtido por Deza Alvarez (2017) quando forneceram ovos de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) como presa. Diferenças constatadas nos resultados de pesquisas envolvendo biologia de insetos podem ser derivadas de vários fatores, muitos dos quais se devem à metodologia empregada e às características próprias dos predadores. Contudo, também assumem importância os aspectos relacionados à presa, tanto no que diz respeito à dieta utilizada na criação, quanto à qualidade nutricional intrínseca da espécie.

Os parâmetros populacionais obtidos para *C. externa* no presente trabalho foram superiores àqueles verificados por Ribeiro et al. (2011), o que pode estar relacionado ao tipo de presa oferecido na fase larval, uma vez que estes autores utilizaram ovos de *B. cranaodes*.

O desenvolvimento larval de *C. externa* foi satisfatório, haja vista ter sido verificada uma duração relativamente curta e uma baixa mortalidade. A qualidade desses parâmetros aponta para a adequação do afídeo *R. porosum* como presa para esse crisopídeo. Além dos atributos morfológicos (como dureza do tegumento, por exemplo), vários fatores podem estar envolvidos na determinação da qualidade de uma presa, ressaltando-se suas características nutricionais, as quais, por sua vez, podem ser dependentes da qualidade da planta hospedeira (BARBOSA et al., 2014; GARZÓN et al., 2015; SAEED; RAZAQ, 2015; SILVA, 2003; SOUZA; BEZERRA, 2019; TAPAJÓS et al., 2016; THOMPSON, 1999; TORRES et al., 2004). Os efeitos positivos do consumo de *R. porosum* sobre a fase jovem de *C. externa*, se refletiram positivamente sobre os parâmetros reprodutivos dos adultos, os quais apresentaram elevado potencial de multiplicação e geração de elevado número de descendentes.

## CONCLUSÃO

O afídeo *R. porosum* associado à roseira cv. Avalanche é uma presa adequada para o desenvolvimento do crisopídeo *C. externa*, em condições de laboratório. Este fato colabora para a indicação desse predador como potencial agente de controle do pulgão.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. F. Pragas das culturas hortícolas e ornamentais protegidas. In: **Contribuição para a Proteção Integrada na região Autónoma da Madeira**. Secretaria Regional de Agricultura Florestas e Pescas, Editora de Carvalho, J. Passos, p. 85-98, 1999.
- AKKÖPRÜ, E. P.; ATLIHAN, R.; OKUT, H.; CHI, H. Demographic assessment of plant cultivar resistance to insect pests: A case study of the dusky-veined walnut aphid (Hemiptera: Callaphididae) on five walnut cultivars. **Journal of Economic Entomology**, 108, 378–387. 1093/jee/tov011. 2015.
- BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Origem, evolução e história das rosas cultivadas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 267-271, jul./set. 2005.
- BARBOSA, L. R., CARVALHO, C. F., SOUZA, B., AUAD, A. M. Influência da densidade de *Myzus persicae* (Sulzer) sobre alguns aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen). **Acta Scientiarum. Agronomy**, 28 (2), 227-231. 2006.
- BARBOSA, P. R. R., OLIVEIRA, M. D., GIORGI, J. A., OLIVEIRA, J. E., TORRES, J. B. Suitability of two prey species for development, reproduction, and survival of *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Annals of the Entomological Society of America**, 107, 1102–1109. 2014.
- BEZERRA, C. E. S.; NOGUEIRA, C. H. F., SOMBRA, K. D. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; ARAÚJO, E. L. Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae): aspectos biológicos, potencial de utilização e perspectivas futuras. **Revista Caatinga**, Mossoró, 22 (3), 1-5. 2009.
- BLACKMAN, R.; EASTOP, V. **Aphids on the world's crops. An identification guide**. Chichester, UK: John Wiley & Sons. 2000.
- BRODEUR, J., ABRAM, P. K., HEIMPEL, G. E., & MESSING, R. H. Trends in biological control: public interest, international networking and research direction. **BioControl**, 63 (1), 11-26. 2018.
- CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 430p.
- CARVALHO, L. M., SOUZA, B., DE SOUSA, A. L. V. Ornamental Plants. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 355-368). Springer, Cham. 2019.
- CHANG, C., HUANG, C.-Y., DAI, S.-M., ATLIHAN, R., CHI, H. Genetically engineered ricin suppresses *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) based on demographic analysis of group-reared life table. **Journal of Economic Entomology**. 109, 987–992. 2016. <https://doi.org/10.1093/jee/tow091>.
- CHI, H. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology**. 17, 26–34. 1988. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
- CHI, H. **TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis** (Version 2020.01.12). 2020. Disponível em <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>.
- CHI, H., LIU, H. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica**. 24, 225–240. 1985.

CHI, H., SU, H.-Y. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female 466 fecundity and the net reproductive rate. **Environmental Entomology**, 35, 10–21. 2006. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>.

COSTA, R. I. F.; ECOLE, C. C.; SOARES, J. J.; MACEDO, L. P. M. Duração e viabilidade das fases préimaginais de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentadas com *Aphis gossypii* Glover e *Sitotroga cerealella* (Olivier). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 353-357, 2003.

COSTA, M. B., BEZERRA, S., SOUZA, B., SOARES, A., SILVA, M. Development and reproduction of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Neotoxoptera formosana* (Hemiptera: Aphididae). **Revista Colombiana de Entomología**, 38 (2), 187-190. 2012.

CROWLEY, P. H. Resampling methods for computation-intensive data analysis in ecology and evolution. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 23, 405–447. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.002201>. 1992.

CUELLO, E. M., ANDORNO, A. V., HERNÁNDEZ, C. M., LÓPEZ, S. N. Prey consumption and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic *Eucalyptus* pests. **Biocontrol Science and Technology**, 29 (12), 1159-1171. 2019.

DEZA ALVAREZ, V. A. Ciclo biológico, capacidad de depredación y comportamiento de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) usando como presa *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) en condiciones de Laboratorio. Tese (Doutorado em Horticultura y Viticultura) – Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 2017. 75p.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. J. **An introduction to the bootstrap**. New York, NY: Chapman & Hall. 1993.

FERREIRA, R. B. Avaliação de parâmetros biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Eriopsis connexa* (German) alimentados com o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) em pimentão e coentro. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. 85p.

FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 319-326, 2000.

FISHER, R. The genetical theory of natural selection. **Clarendon Press**, Oxford, UK. 490. 1930. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.27468>.

FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Capacidade predatória e aspectos biológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 251-263, abr./jun. 2001.

FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 66 p. 2001.

GARZÓN, A., FREIRE, B. C., CARVALHO, G. A., OLIVEIRA, R. L., MEDINA, P., BUDIA, F. Development and reproduction of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) vectoring potato leafroll virus (PLRV). **Neotropical Entomology**, 44 (6), 604–609. 2015.

- HAGEN, K.S. Role of nutrition in insect management. In: Tall timber conference on ecological animal control by habitat Management, 6, Berkeley, 1976. **Proceedings**. Berkeley, 1976. p. 221 – 261.
- HARAMBOURE, M., MIRANDE, L., SCHNEIDER, M. I. Improvement of the mass rearing of larvae of the Neotropical lacewing *Chrysoperla externa* through the incorporation of a new semiliquid artificial diet. **BioControl**, 61(1), 69 -78. 2016.
- HESTERBERG, T. It's time to retire the "n >= 30" rule. **Proceedings of the American Statistical Association**, Statistical Computing Section. 2008.
- HESTERBERG, T., MONAGHAN, S., MOORE, DAVID S, CLIPSON, A., EPSTEIN, R. Bootstrap methods and permutation tests, in: Moore, D S, McCabe, G.P., Duckworth, W.M., Sclove, S.L. (Eds.), **The Practice of Business Statistics**. W. H. Freeman and Company, New York. 2005.
- HOLMAN, J. **Host plant catalog of aphids in the Palaearctic region**. Branisovska, Czech Republic: Springer. 2009.
- HUANG, Y. B.; CHI, H. The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio dependent on female age. **Journal of Agriculture and Forestry**, 60, 337–345. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR. IBRAFLOR, **Reporte annual**, Holambra, SP: IBRAFLOR, 2016.
- JASKIEWICZ, B. Observation on the occurrence of the rose aphid (*Macrosiphum rosae* L.) on bushes of *Rosa rugosa* Thunb. and *R. canina* L. **Folia Hort**. V.9: p.25–31. 1997.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 20, p. 115-120, 2014.
- LÓPEZ-ARROYO, J. I.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Storage of lacewing eggs: post-storage hatching and quality of subsequent larvae and adults. **Biological Control**, San Diego, v. 18, n. 1, p. 165-171, 2000.
- MACEDO, L. P. M., PESSOA, L. G. A., SOUZA, B., DE SOUZA LOUREIRO, E. Aspectos biológicos e comportamentais de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) em algodoeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, 31 (1), 1219-1228. 2010.
- MARTINS, C. C.; DE FREITAS, S. Influência da temperatura ambiental sobre a criação de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, 11 (2), 124-128. 2014.
- OSMAN, M.Z. SELMAN, B.J. Effect of larval diet on the performance of the predator *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuropt., Chrysopidae). **Journal of Applied Entomology**. 120 (2):115–117. 1996.
- PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Chrysopid predators and their role in biological control. **Journal of Entomology**, 8 (3): 301-326. 2011.
- PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. **Journal of Insect Science**, 19 (2), 5. 2019.
- PRINCIPI, M. M.; CANARD, M. Feeding habits. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. **Biology of Chrysopidae**. Hague: W. Junk, p. 76-92. 1984.

- REDDY, G. V. P., CHI, H. Demographic comparison of sweetpotato weevil reared on a major host, *Ipomoea batatas*, and an alternative host, *I. triloba*. **Scientific Reports**, 5, 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep11871>. 2015.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0. 2015.
- RIBEIRO, A. L. P., LÚCIO, A. D. C., COSTA, E. C., BOLZAN, A. R., JOVANOWICH, R., RIFFEL, C. T. Desenvolvimento de *Chrysoperla externa* alimentada na fase larval com ovos de *Bonagota cranaodes*. **Ciência Rural**, 41 (9), 1571-1577. 2011.
- RIJSWICK, C. V. World Floriculture Map 2015. **Rabobank Industry**. As rosas são a principais flores de corte comercializada mundialmente. Note 475, 1–4, 2015.
- SAEED, R.; RAZAQ, M. Effect of prey resource on the fitness of the predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). **Pakistan Journal of Zoology**, 47 (1), 103–109. 2015.
- SCHLICK-SOUZA, E. C., TOSCANO, L. C., DE SOUZA-SCHLICK, G. D., MARUYAMA, W. I., & PERES, A. J. A. Desenvolvimento larval de *Chrysoperla externa* alimentada com *Aphis gossypii* provenientes de três cultivares de algodoeiro. **Agrarian**, 4 (13), 182-188. 2011.
- SEDIGHI, L., AGHDAM, H. R., IMANI, S., SHOJAI, M. Age-stage two-sex life table analysis of *Sesamia nonagrioides* (Lep.: Noctuidae) reared on different host plants. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, 50, 438–453. 2017. <https://doi.org/10.1080/03235408.2017.1323464>.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS-SEBRAE. Flores e plantas ornamentais do Brasil: volume 2 -série estudos mercadológicos. Brasília, DF: SEBRAE, 2015.
- SILVA, G. A.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 682-698, 2002.
- SILVA, C.G. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ninfas de *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring, 1994) (Hemiptera: Aleyrodidae) criadas em três hospedeiros. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 53p. 2003.
- SMUCKER, M. D.; ALLAN, J.; CARTERETTE, B. **A Comparison of statistical significance tests for information retrieval evaluation**. Proceedings of the Sixteenth ACM Conference on Information and Knowledge Management, Lisbon, Portugal. p. 623-632. DOI: <https://doi.org/10.1145/1321440.1321528>. 2007.
- SOUZA, B.; BEZERRA, C. E. S. Predatory Insects. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 175-188). Springer, Cham. 2019.
- SOUZA, B.; DOS SANTOS-CIVIDANES, T. M., CIVIDANES, F. J., DE SOUSA, A. L. V. Predatory Insects. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 73-87). Springer, Cham. 2019.
- STOETZEL, M. B.; HILBURN, D. J. The aphids and phylloxera of Bermuda (Homoptera: Aphididae and Phylloxeridae). **Florida Entomologist**, p. 627-643, 1990.
- TAPAJÓS, S. J., LIRA, R., SILVA-TORRES, C. S. A., TORRES, J. B., COITINHO, R. L. C. B. Suitability of two exotic mealybug species as prey to indigenous lacewing species. **Biological Control**, 96, 93– 100. 2016.

TAVARES, W. S., CRUZ, I., SILVA, R. B., SERRÃO, J. E., ZANUNCIO, J. C. Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. **Maydica**, 56 (3). 2012.

TAUBER, M. J., TAUBER, C. A., DAANE, K.M., HAGEN, K.S. Commercialization of predators: Recent lesson from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). **American Entomologist**, Lanham, n. 46, p. 26-38, 2000.

TEIXEIRA, E. A.; ALMEIDA, E.F.A.; CARVALHO, L. M.; MENDONÇA, de. F.M. Análise de viabilidade econômica e financeira em cultivos de rosas com diferentes dosagens de nitrogênio. **XXIV Congresso Brasileiro de Custos: Florianópolis**, 15 a 17 Nov., 2017.

THOMPSON, S. N. Nutrition and culture of entomophagous insects. **Annual Review of Entomology**, 44, 561–592. 1999.

TUAN, S.-J., LEE, C.-C., CHI, H. Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two sex life table. **Pest Management Science**. 70, 805–813. 2014a. <https://doi.org/10.1002/ps.3618>

TUAN, S.-J., LEE, C.-C., CHI, H. Erratum - Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. **Pest Management Science**. 70, 1936. 2014b. <https://doi.org/10.1002/ps.3920>.

VAN LENTEREN, J. C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W. J., URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, 63 (1), 39-59. 2018.

YU, L.-Y., CHEN, Z.-Z., ZHENG, F.-Q., SHI, A.-J., GUO, T.-T., YEH, B.-H., CHI, H., XU, Y.-Y. Demographic analysis, a comparison of the Jackknife and Bootstrap methods, and predation projection: A case study of *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Economic Entomology**, 106, 1–9. <https://doi.org/10.1603/EC12200>. 2013.

**ARTIGO 2**

**Interações entre *Chrysoperla externa* e *Rhodobium porosum* em associação com roseiras: impacto sobre a atividade predatória**

**Interactions between *Chrysoperla externa* and *Rhodobium porosum* in association with rose plants: impact on the predatory activity**

Laodicéia Lopes Pereira<sup>1</sup>; Brígida Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras - MG, Brasil. E-mail: laulopes28@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras - MG, Brasil. E-mail: brgsouza@ufla.br

## RESUMO

Produtores de rosas em todo o mundo lidam com o grave problema da ocorrência de artrópodes-praga em seus cultivos. A aplicação de agrotóxicos, ainda que praticada em muitas propriedades, tem sido um método pouco desejado para o controle desses organismos. No Brasil, grande parte dos produtores, cientes dos riscos ocasionados por esses produtos, têm utilizado agentes biológicos para o controle de algumas espécies. Entre a gama de pragas associadas à roseira, encontra-se o afídeo *Rhodobium porosum* (Aphididae), que tem entre seus principais predadores, as larvas de *Chrysoperla externa* (Chrysopidae). Nesse contexto, buscou-se avaliar a capacidade predatória e o comportamento de larvas de *C. externa* alimentadas com *R. porosum* em diferentes proporções predador: presa, em dois tipos de confinamento e em diferentes estados de jejum. Foram testadas três proporções predador: presa (1:10, 1:20 e 1:40) e três densidades de ninfas do afídeo (40, 80 e 120), as quais incluíram o consumo médio, um valor abaixo e um valor acima da média consumida (obtidos em testes preliminares). Avaliou-se o consumo diário das larvas de *C. externa* em placa de Petri (5 cm Ø) e em uma folha de roseira. O estudo foi conduzido em substrato constituído por folhas de roseiras cv. Avalanche, a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , UR de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. O controle de *R. porosum* por larvas de *C. externa* se mostrou eficiente em ambos os ambientes de confinamento testados, sendo que, na proporção 1:10, a população do afídeo foi completamente eliminada. No entanto, a densidade de predadores na área deve ser considerada, uma vez que o elevado número de larvas no sistema pode ocasionar comportamentos indesejáveis, como a predação intraguilda, que levam à perda de eficiência do controle. O comportamento das larvas em jejum reitera os conhecimentos sobre a voracidade desses insetos, uma vez que, nessa condição, as larvas passaram a maior parte do tempo predando. Assim, os crisopídeos, sendo predadores generalistas, ajustam seu comportamento ao ambiente em que se encontram, podendo ser controladores eficazes de populações de afídeos.

**Palavras-chave:** Capacidade predatória, Chrysopidae, Aphididae.

## INTRODUÇÃO

O mercado de plantas ornamentais está em expansão em âmbito global. O agronegócio de flores de corte é o mais expressivo, com destaque para as rosas, cujo consumo é mundialmente mais elevado; e, nesse cenário, o Brasil apresenta-se como um grande produtor (IBRAFLOR, 2019).

Um dos principais problemas que acometem os cultivos de rosas em todo o mundo são as pragas, cujo controle tem sido realizado, principalmente, por meio de produtos químicos. Porém, muitos produtores têm buscado por estratégias diferentes para o manejo desses organismos, verificando-se uma procura crescente pelo uso de agentes biológicos.

O controle biológico tem-se fortalecido nos últimos anos em todo o mundo e, de forma particular, no Brasil. Segundo van Lenteren et al. (2018), houve um crescimento mundial de 10-15% no uso de macro e microrganismos para o controle de pragas, enquanto para o Brasil, Parra e Coelho (2019) registraram um crescimento de 20% ao ano.

Grande parte dos avanços na aplicação do controle biológico em cultivos no Brasil se deve ao uso de microrganismos entomopatogênicos, os quais dominam o mercado de produtos biológicos e são bem aceitos pelos produtores, uma vez que os métodos de aplicação são semelhantes aos usados para produtos químicos (PARRA; COELHO, 2019; VAN LENTEREN et al., 2018). Portanto, existe uma lacuna no conhecimento relacionado ao uso de macrorganismos como agentes de controle biológico no nosso país. Além de diversos aspectos relacionados à produção em larga escala e comercialização desses agentes de controle, são necessários estudos que busquem conhecer o comportamento, a capacidade predatória e o potencial desses inimigos naturais frente à diversidade de pragas que acometem as plantas cultivadas. Conforme Kondo et al. (2018), tais informações são fundamentais para o estabelecimento de estratégias de controle apropriadas e que possam garantir maiores chances de alcance dos resultados esperados.

Entre os artrópodes-praga de ocorrência comum em cultivos de rosas, inclui-se *Rhodobium porosum* (Sanderson, 1901) (Hemiptera: Aphididae) (AGUIAR, 1999; BLACKMAN; EASTOP, 2000; FREITAS, 2001; HOLMAN, 2009), cujas populações podem ser reguladas pelo predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Embora existam trabalhos sobre o potencial desse crisopídeo para o controle de *R. porosum* em cultivos de roseiras (PEREIRA, 2016; TAMASHIRO, 2016), informações sobre as interações entre essas espécies são escassas. As interações interespecíficas assumem importância na medida em que afetam o comportamento dos indivíduos podendo interferir na taxa de predação. Conforme Souza et al. (2019), a simples presença do predador pode fazer com que a presa se torne menos acessível.

Além disso, diversas características comportamentais desses predadores podem ser influenciadas pelas interações predador: presa (SOUZA et al., 2019). Fonseca et al. (2000) e Barbosa et al. (2006, 2008) demonstraram que o número de afídeos consumidos por larvas de *C. externa*

aumentou em função do aumento da disponibilidade desses pulgões até atingir um patamar, a partir do qual houve uma redução até atingir um limite estável.

Considerando que testes conduzidos em laboratório são a primeira etapa na avaliação do potencial de um predador como agente de controle de uma determinada praga, o uso de estratégias que possam fornecer resultados mais próximos àqueles que efetivamente ocorrem em condições naturais pode antecipar informações sobre a qualidade do inimigo natural em questão. Um dos objetivos do presente trabalho foi avaliar o consumo por larvas de *C. externa* alimentadas com *R. porosum* em dois ambientes de confinamento com vistas ao uso de uma metodologia mais próxima da condição real.

Muitos autores (HUANG; ENKEGAARD, 2010, JESSIE et al., 2015, SHRESTHA; ENKEGAARD, 2013) recomendam a realização de bioensaios com insetos de uma forma geral, após um período de jejum, de modo a conseguir maior padronização dos organismos envolvidos. Ainda que essa estratégia seja interessante para obtenção de resultados mais precisos sobre diversos aspectos, quando se trata de testes sobre capacidade predatória, preferência alimentar e comportamento de busca e manuseio da presa com predadores generalistas, verifica-se uma distorção dos resultados. Estando famintos, esses insetos irão capturar e consumir a primeira presa que encontrarem, o que, em se tratando de preferência alimentar, por exemplo, essa primeira resposta pode não expressar a preferência pelo tipo de presa. Assim, um segundo objetivo deste trabalho foi verificar se o consumo e comportamento de larvas de 2º instar de *C. externa* são afetados pelo estado de inanição em que se encontram, frente a diferentes proporções predador: presa.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os testes foram realizados no Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), do Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

Os afídeos *R. porosum* foram criados em roseiras cv. Avalanche cultivadas em vasos em casas-de-vegetação. Para a padronização da idade das ninfas a serem utilizadas nos testes, espécimes adultos do pulgão foram coletados em roseiras e transferidos para placas de Petri, as quais foram vedadas com filme plástico PVC. Após 48 horas, os adultos foram retirados e as ninfas produzidas foram deixadas nas mesmas condições ambientais por mais 48 horas. Após esse período, as ninfas já se encontravam no 2º e 3º instares, idade em que foram usadas nos bioensaios.

Os exemplares de *C. externa* utilizados nos experimentos foram provenientes de criação já estabelecida em laboratório do DEN/UFLA, cujas larvas são alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) e os adultos recebem uma dieta composta por lêvedo de cerveja e mel. A criação é mantida a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. Foram utilizados espécimes da geração F3.

**Experimento 1:** Consumo de *Rhodobium porosum* por larvas de *Chrysoperla externa* em dois ambientes de confinamento.

Ovos de *C. externa* com até 24 horas após a oviposição foram individualizados em tubos de vidro (2,5 x 8,5 cm), os quais foram vedados com filme plástico PVC. As larvas foram utilizadas nos bioensaios logo após eclodirem. Avaliou-se o consumo diário de ninfas de *R. porosum* por larvas de 1º, 2º e 3º instares de *C. externa* em dois ambientes de confinamento visando obter informações mais próximas ao consumo efetivo desse crisopídeo em roseiras. Um dos tipos de confinamento foi composto por placas de Petri (5 cm Ø; área de 19,6 cm<sup>2</sup>) contendo uma camada de ágar/água (1%) sobre a qual foram colocados folíolos de roseira com a superfície abaxial voltada para cima. As ninfas de *R. porosum* foram distribuídas de maneira aleatória sobre os folíolos, em número superior à capacidade de consumo das larvas, conforme resultados obtidos em ensaios preliminares.

No outro tipo de confinamento, o consumo diário de ninfas de *R. porosum* por *C. externa* foi estimado em folhas de roseira (área aproximada de 87 cm<sup>2</sup>), conforme a metodologia de Cardoso (2015). Foram utilizadas folhas contendo cinco folíolos, cuja base foi envolta por algodão e introduzida em eppendorfs (2 ml) contendo água. Cada uma dessas unidades foi encaixada em um orifício feito no centro de uma placa circular de isopor (~9,9 cm Ø), revestida com papel branco, e o conjunto foi encaixado em uma placa de Petri (10 cm Ø). Para impedir a fuga dos insetos, cada uma dessas unidades foi coberta por um copo plástico transparente (500 ml) que foi finamente perfurado. As folhas de roseira foram infestadas pelas ninfas de *R. porosum*, em número superior à sua capacidade de consumo, conforme resultados obtidos preliminarmente.

Após a transferência das ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum* para as placas de Petri e para as folhas das roseiras, foi liberada uma larva do predador por placa/folha, conforme o tratamento. Decorridas 24 horas da liberação das larvas, as ninfas não consumidas eram contadas sob microscópio estereoscópico e novamente fornecido o número inicial de presas. Esse procedimento foi repetido diariamente até o completo desenvolvimento de cada instar e de toda fase larval do crisopídeo. O consumo, para ambas as metodologias, foi avaliado em delineamento experimental inteiramente casualizado com 30 repetições para cada tratamento.

Para relacionar os fatores instar e tratamento com o número de presas consumidas por *C. externa* foram utilizados GLM com distribuição de erros quasipoisson, em que as variáveis explicativas foram o tipo de confinamento e os instares do predador e a variável resposta foi a proporção de consumo. As análises foram realizadas por meio do software R, utilizando os pacotes emmeans e multcomp, e os gráficos foram gerados com auxílio do pacote ggplot2.

**Experimento 2:** Capacidade predatória de *Chrysoperla externa* em diferentes densidades de *Rhodobium porosum* e proporções predador: presa

Avaliou-se a capacidade predatória de larvas de 2º instar de *C. externa* alimentadas com ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum* fornecidas em diferentes densidades e proporções predador: presa.

Para definição das densidades e proporções, utilizou-se o número médio diário de afídeos consumidos por larvas de 2º instar do predador como valor médio de referência, conforme resultados do experimento 1. A partir desse valor foram determinadas três densidades de ninfas de *R. porosum*, as quais corresponderam à média, um valor abaixo da média e um valor acima da média obtida no experimento 1, e três proporções predador: presa.

Para a padronização da idade das ninfas de *R. porosum* seguiu-se a metodologia descrita anteriormente (experimento1). O consumo de ninfas do afídeo por larvas de *C. externa* foi avaliado em folhas de roseira, conforme a metodologia descrita para o experimento 1.

Ovos de *C. externa* com até 24 horas após a oviposição foram individualizados em tubos de vidro (2,5 x 8,5 cm), vedados com filme plástico PVC e, após a eclosão, as larvas foram alimentadas com ovos de *E. kuehniella* ao longo do período que antecedeu sua utilização nos ensaios. A alimentação foi suspensa 12h antes do início do teste. Utilizaram-se ovos de *E. kuehniella* por ser uma dieta tradicionalmente adotada nas criações de crisopídeos em laboratório sendo, em muitos casos, referida como “dieta controle” ou “dieta padrão” (CARVALHO; SOUZA, 2000).

O consumo pelas larvas de *C. externa* foi avaliado diariamente e determinado pela diferença entre o número de ninfas fornecidas e o número de ninfas não consumidas. Após cada avaliação foi fornecido o mesmo número inicial de presas. As avaliações se procederam após 24h de cada reposição. Este procedimento foi repetido até que se completou o segundo instar do crisopídeo.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com 15 repetições para cada densidade de ninfas de *R. porosum* e proporção predador: presa (Ex.: uma larva de 2º instar de *C. externa* para cada dez ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum*), de acordo com os tratamentos a seguir:

Densidade	Proporção		
40	1:10	1:20	1:40
80	1:10	1:20	1:40
120	1:10	1:20	1:40

Para relacionar as variáveis densidade de *R. porosum* e densidade de *C. externa* com a proporção de consumo (%) de *C. externa* foram utilizados GLM com distribuição de erros quasibinomial, em que a variável explicativa foi a densidade e a variável resposta foi a proporção de consumo (%). As análises foram utilizadas com auxílio do software R, utilizando os pacotes emmeans, multcomp e os gráficos foram gerados com auxílio do pacote ggplot2.

**Experimento 3:** Comportamento de larvas de *Chrysoperla externa* em jejum e atividade predatória em diferentes densidades de *Rhodobium porosum* e proporções predador: presa.

Este bioensaio foi conduzido sob as mesmas condições experimentais descritas para o experimento 2. O sistema foi composto por folhas de roseira, cuja metodologia foi descrita com detalhes para o experimento 1. Foram utilizadas larvas de 2º instar de *C. externa* em jejum de 10 horas e larvas sem jejum (as quais tiveram acesso ao alimento - ovos de *E. kuehniella* - até o momento da liberação). Estudou-se a proporção predador: presa 1:20, nas densidades de 20 (1:20), 120 (6:120) e 240 (12:240) ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum*.

Utilizou-se o “Software” EthoLog 2.2 (OTTONI, 2000) o qual permite registrar os comportamentos que se deseja observar utilizando letras. Foram criadas categorias referentes aos principais comportamentos observados em testes preliminares, ou seja: parado (P), busca pela presa (B), predação do afídeo (V), limpeza dos apêndices (L), predação intraguildd (I), prova (O), competição (C) e fuga (F). Por serem compostas por mais de uma larva (2, 4 e 6 larvas nas densidades de 40, 80 e 120 afídeos, respectivamente), em cada uma das repetições uma delas foi escolhida ao acaso para o estudo comportamental. Para facilitar sua identificação, usou-se pó de giz como marcador.

Para o monitoramento, utilizaram-se 10 repetições compostas por larvas com 10 horas de jejum e larvas sem jejum. Cada repetição foi representada pelos primeiros 15 minutos após a liberação das larvas nas folhas.

Para relacionar os fatores densidade e jejum com o tempo dos comportamentos parado, busca, predação e limpeza (minutos) foram utilizados GLM com distribuição de erros gaussianas, em que as variáveis explicativas foram a densidade e o jejum, e a variável resposta foi o tempo das larvas em cada comportamento. As análises foram efetuadas com auxílio do software R, utilizando os pacotes emmeans e multcomp, e os gráficos foram gerados com auxílio do pacote ggplot2.

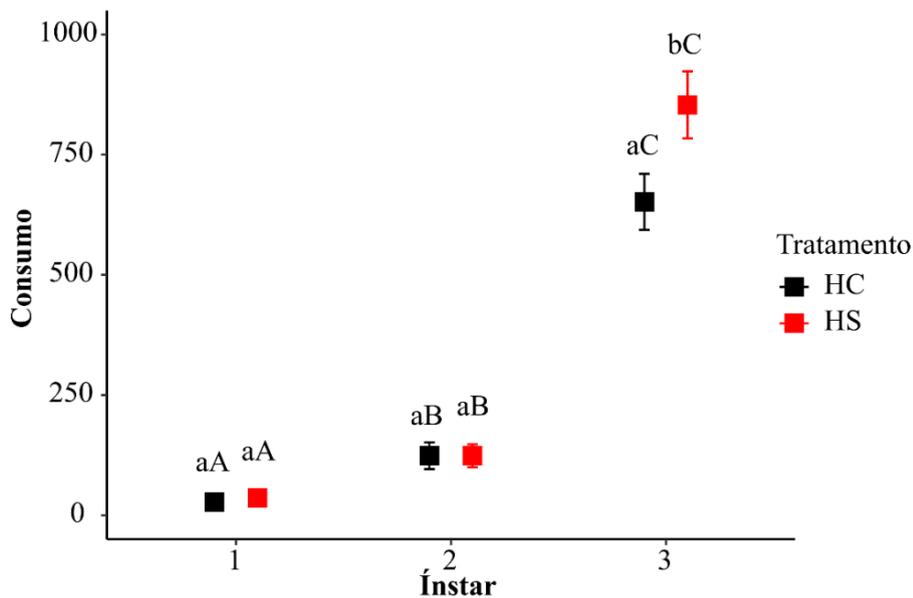
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Experimento 1:** Consumo de *Rhodobium porosum* por larvas de *Chrysoperla externa* em dois ambientes de confinamento.

O total médio de ninfas de *R. porosum* predadas em ambos os tratamentos, para cada instar separadamente (HC= folha de roseira; HS= placa de Petri) (Figura 1), evidenciou que o ambiente de confinamento não interferiu na quantidade de presas consumidas no 1º e 2º instares. Assim, a menor área disponível para forrageio pelas larvas mantidas em placas de Petri (19,6 cm<sup>2</sup>) não acarretou aumento no número de presas consumidas em função das maiores chances de encontro. No entanto, isso não foi constatado para larvas de 3º instar, uma vez que houve diferença entre os ambientes testados. Verificou-se que, em uma área menor (placa de Petri), as larvas nesse estágio de desenvolvimento consumiram um número de afídeos significativamente maior em relação às aquelas

mantidas em uma área maior (folha de roseira = 87 cm<sup>2</sup>). Na placa de Petri, a probabilidade de uma ninfa do afídeo ser encontrada pelo predador é maior do que em uma folha de roseira, levando a um aumento no consumo. Ainda que a capacidade de deslocamento e de busca das larvas de *C. externa* seja elevada (PENNY, 2005), considerando-se o mesmo período de tempo, aquelas que se encontram confinadas em um espaço com menor área requerem menor tempo de forrageio.

O emprego de placas de Petri para avaliação da capacidade predatória de *C. externa* superestimou o número de presas consumidas por larvas de terceiro instar, fator que deve ser considerado nos testes avaliativos sobre a capacidade predatória da espécie. Por outro lado, deve-se considerar a maior praticidade dessa metodologia em relação aos kits com as folhas de roseiras, levando-se em conta, entre outros aspectos, o menor tempo tomado no preparo do material (repetições), bem como no tempo de manuseio por ocasião das avaliações propriamente.



**Figura 1:** Consumo de ninfas de segundo e terceiro instares de *Rhodobium porosum* em função dos estádios de desenvolvimento de *Chrysoperla externa* e do ambiente de confinamento (HC e HS). Letras minúsculas comparam os ambientes de confinamento dentro de cada instar e letras maiúsculas comparam os instares para cada ambiente de confinamento.

HC= folha de roseira; HS= placa de Petri

Com relação ao consumo de ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum* verificou-se um aumento ao longo do desenvolvimento larval de *C. externa*, constatando-se diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) no número diário de presas consumidas em função dos instares para ambos os sistemas de confinamento das larvas (Figura 1).

O número total médio de ninfas predadas no 1º, 2º e 3º instares em HC foi 27,33; 123,7 e 652, enquanto a média em HS foi de 36,1; 123,6 e 853,5, respectivamente (Figura 1). Para ambos os

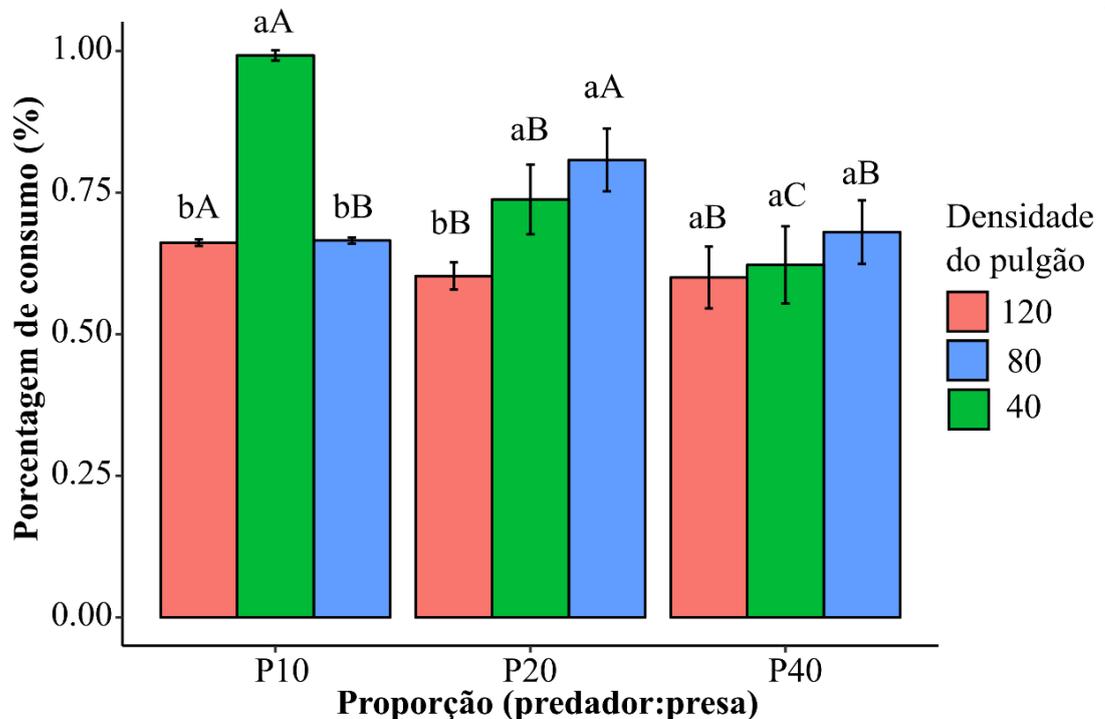
tratamentos o menor consumo ocorreu no primeiro instar, o que se deve às larvas encontrarem-se no estágio inicial de desenvolvimento, quando requerem menor consumo em relação aos estádios mais avançados. À medida que se desenvolvem, as larvas adquirem maior volume corporal e, conseqüentemente, maior necessidade de alimento (BASTIDAS et al., 2010; MOREIRA et al., 2009; PALOMARES-PÉREZ et al., 2019). Assim, como consequência do maior tamanho da larva, o consumo mais elevado foi constatado para o terceiro instar. Nesse estágio, as larvas liberadas em folhas de roseira predaram 81,2% do total de ninfas consumidas ao longo de toda a fase larval (803,03 ninfas), e aquelas liberadas em placas de Petri predaram 84,2% do total (1013,2 ninfas). Esses resultados vão ao encontro daqueles obtidos por Fonseca et al. (2001), que também verificaram um consumo crescente de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) durante o desenvolvimento larval de *C. externa*. Também se assemelham aos resultados de Maia et al. (2004) e Palomares-Pérez et al. (2019), para *C. externa* alimentada com outras espécies de afídeos. Devido à maior voracidade das larvas no terceiro instar, diversos autores o caracterizam como o mais eficiente para o controle de diversas pragas (Cuello et al., 2019).

Em diversas fontes bibliográficas consultadas, o consumo de afídeos, tais como *Aphis gossypii* Glöver, 1877, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) e *S. graminum* por larvas de *C. externa* foi inferior ao obtido neste estudo (FONSECA et al., 2001; PESSOA et al., 2003; MAIA et al., 2004). Barbosa et al. (2008) e Ferreira (2015) também verificaram um consumo menor de ninfas de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) durante o 1º, 2º e 3º instares de *C. externa*, em relação aos resultados do presente trabalho. Igualmente, avaliando o consumo de adultos de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) por larvas desse crisopídeo, Murata e De Bortoli (2009) obtiveram médias inferiores para os respectivos instares desse predador. Porém, deve-se ressaltar que Barbosa et al. (2008) utilizaram ninfas de *M. persicae* no 3º e 4º instares, e Murata e De Bortoli (2009) ofereceram afídeos adultos, enquanto no presente trabalho foram fornecidas ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum*. O estágio/estádio de desenvolvimento assume importância na taxa de predação na medida em que o consumo de presas menores e com menor peso resultam na necessidade de consumo de uma maior quantidade de indivíduos. Assim, as divergências nos resultados registrados na literatura podem estar relacionadas ao tamanho da presa. Não se pode, contudo, negligenciar aspectos relacionados às condições experimentais, às particularidades intrínsecas da espécie de presa, cujas características morfológicas, nutricionais e comportamentais também afetam a taxa predatória.

Os resultados obtidos neste experimento reiteram o potencial de *C. externa* no controle de *R. porosum*, uma espécie que ocorre com frequência na cultura da roseira. O terceiro instar se apresentou como o mais voraz, sendo também o mais eficiente no controle do afídeo, uma vez que neste estágio ocorreu a maior taxa de consumo.

**Experimento 2:** Capacidade predatória de *Chrysoperla externa* em diferentes densidades de *Rhodobium porosum* e proporções predador: presa

A proporção 1: 10 na densidade de 40 afídeos fornecidos para quatro larvas do predador foi a que proporcionou o maior consumo, acarretando a eliminação total dos afídeos ofertados. As densidades de 80 ninfas (para 8 larvas) e 120 ninfas (para 12 larvas), disponibilizadas nessa mesma proporção, não ocasionaram diferenças significativas no consumo (Figura 2). A proporção 1:20 nas densidades de 40 e 80 afídeos fornecidos para duas e quatro larvas, respectivamente, do predador na proporção proporcionou o maior consumo em relação à densidade de 120 ninfas (fornecidas seis larvas), a qual não influenciou o consumo de forma significativa. Para a proporção 1:40 não houve diferenças significativas entre as três densidades testadas, ou seja, independentemente do número de ninfas fornecidas, o consumo pelas larvas de *C. externa* foi o mesmo.



**Figura 2:** Porcentagem de consumo (%) por larvas de 2º instar de *Chrysoperla externa* em função de diferentes proporções predador: presa e densidades de *Rhodobium porosum*. Letras minúsculas comparam as densidades dentro de cada proporção predador: presa (R) e letras maiúsculas comparam cada densidade dentro das diferentes proporções.

A comparação de cada uma das densidades individualmente, nas três proporções estudadas, evidenciou que o fornecimento de 120 ninfas na proporção 1:10 acarretou um consumo significativamente maior em relação a 1:20 e 1:40 (Figura 2). Fornecendo-se 40 ninfas, houve diferenças significativas nas porcentagens de consumo em função das proporções estudadas, obtendo-se, também, maior consumo na proporção 1:10, e menor consumo na proporção 1:40. Contudo, para a

densidade de 80 ninfas, o maior consumo foi verificado utilizando-se a proporção 1:20; nas proporções 1:10 e 1:40 o número de ninfas predadas foi estatisticamente igual (Figura 2).

Figueira e Lara (2004) constataram maior consumo de presas ao avaliarem a proporção 1:10 de *C. externa* visando o controle de *S. graminum* em sorgo. Barbosa et al. (2008), avaliando esse crisopídeo para o controle de *M. persicae* em plantas de pimentão, também evidenciaram maior eficiência do predador quando utilizada a proporção 1:10. Da mesma forma, Costa (2011) encontrou resultados satisfatórios para essa proporção em estudos objetivando o controle de *A. gossypii*. Reiterando esses resultados, Gamboa et al. (2016) constataram a regulação populacional de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) em roseiras ao utilizarem *C. externa* na proporção 1:10.

Como a proporção 1:10 foi estabelecida a partir de um valor inferior ao consumo médio das larvas de *C. externa*, essa foi a proporção predador: presa que, de uma forma geral, ocasionou a maior predação. Em uma liberação inundativa, deve-se atentar para a capacidade de consumo do predador a fim de evitar superestimar sua capacidade de controle da praga e, assim, levar a resultados indesejáveis. Essas ocorrências podem surgir devido ao ambiente de cultivo (semicampo ou campo) possibilitar maior deslocamento do predador, assim como maiores possibilidades de abrigo para suas presas. Isso acarreta a diminuição das chances de encontro entre predador e presa levando a uma redução na taxa predatória em relação aos ambientes artificiais. Por esses motivos, a indicação de uma razão menor pode ser mais segura, e provavelmente se mostraria mais eficaz no controle da praga. Contudo, vários fatores devem ser levados em consideração para a recomendação da liberação de um inimigo natural, entre eles o custo do controle.

Comportamento relacionado à predação intraguildda foi observado apenas na densidade de 120 ninfas na proporção 1:10, ou seja, 12 larvas do predador. Nesse tratamento verificou-se um canibalismo em 80% das repetições. A maior densidade de larvas contidas num sistema fechado ocasionou maior competição por presas, com a conseqüente mudança no comportamento do predador. Esses resultados reiteram muitos outros obtidos a partir de estudos envolvendo aspectos comportamentais relacionados com a densidade do predador e densidade de presas (e.g. DIB et al., 2016; JASSEN et al., 1998; LUCAS et al., 1997). Além do fator densidade, as larvas dispunham de poucos locais de refúgio para se abrigarem de seus competidores, o que aumentou as chances de encontro entre elas e, em conseqüência, a ocorrência de uma interação negativa.

Diferentemente do esperado, não houve aumento na atividade predatória decorrente das maiores oportunidades de encontro entre o predador e a presa. Isso pode ter ocorrido devido à competição entre as larvas de *C. externa*. Esse comportamento, já observado em outros trabalhos de pesquisa, pode afetar negativamente a atividade predatória e, inclusive, levar a um aumento do canibalismo (SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2019). Gamboa et al. (2016), no entanto, observaram maior consumo de afídeos *M. euphorbiae* em maiores densidades da presa. Essa divergência pode estar relacionada ao sistema utilizado, o qual foi composto por plantas de rosas (e não folhas, como neste trabalho). Além disso, os resultados foram obtidos para larvas de *C. externa* no 3º instar (e não

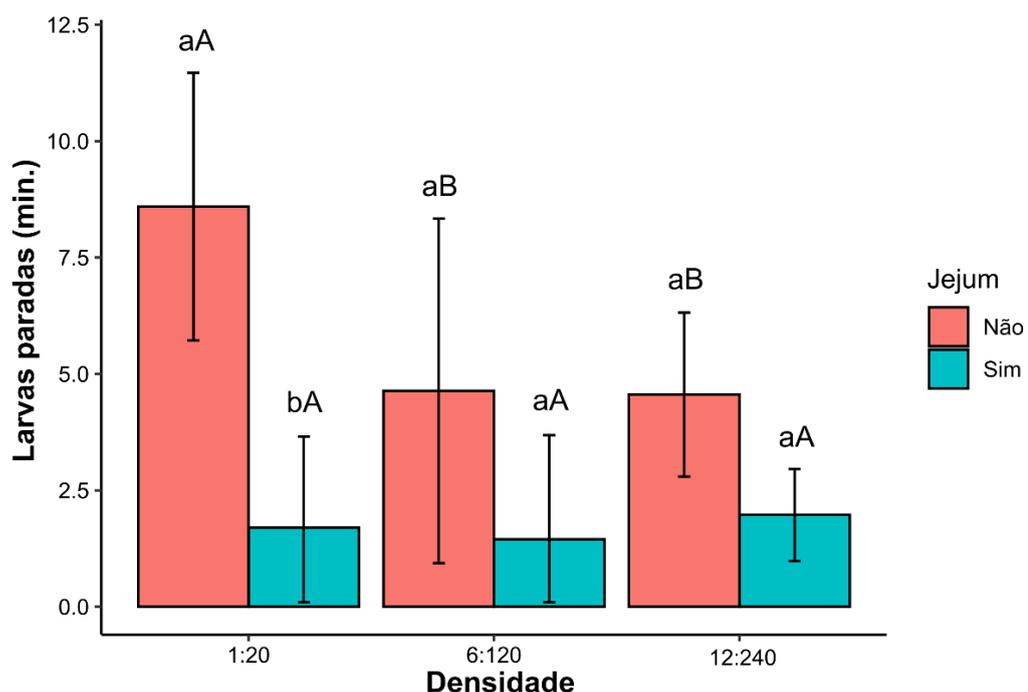
no 2º instar, como neste trabalho). Dessa forma, a maior área de deslocamento foi compensada pela maior voracidade das larvas de 3º instar.

Turquet et al. (2009) garantiram o controle de *R. porosum* por larvas de *C. carnea* em cultivos de morango por meio de liberações iniciadas logo após o plantio e da manutenção da proporção de cinco larvas do predador por planta. Assim, verifica-se a importância de iniciar as liberações do predador logo que observada a infestação pelo afídeo, o que garantirá maior eficiência do controle tendo em vista que o maior consumo pelas larvas de *C. externa* ocorreu na densidade de 40 afídeos. Além disso, o número de pulgões consumidos por *C. externa* observado no presente estudo pode ser utilizado para determinar o número de larvas necessárias para liberação em programas de controle de *R. porosum*.

**Experimento 3:** Comportamento de larvas de *Chrysoperla externa* em jejum e atividade predatória em diferentes densidades de *Rhodobium porosum* e proporções predador: presa.

Os comportamentos de prova, limpeza dos apêndices, predação intraguilda, competição e fuga tiveram uma duração inferior a 30 segundos para ambos os tratamentos, não sendo constatadas diferenças significativas entre eles. Esses resultados demonstram que, durante os primeiros 15 minutos frente às presas, tais comportamentos não foram influenciados pela densidade da presa e, tampouco, pelo estado de jejum (10 horas) em que as larvas de *C. externa* se encontravam.

Com relação ao quesito permanecer paradas, larvas em jejum não responderam de forma significativa às densidades do afídeo, o que foi decorrente da necessidade de busca por alimento independentemente da quantidade de ninfas disponíveis e do número de outras larvas de *C. externa* presentes (Figura 3).



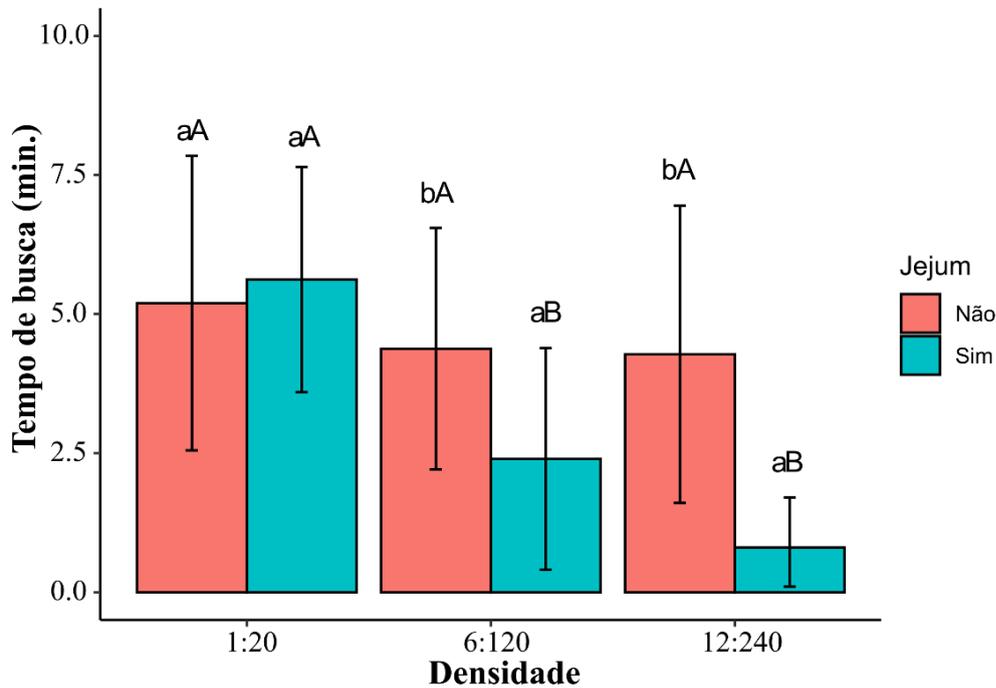
**Figura 3:** Tempo (minutos) em que larvas de *Chrysoperla externa* permaneceram paradas, quando expostas a uma proporção predador: presa 1:20, com três densidades de *Rhodobium porosum* (20, 120 e 240). Dados obtidos por meio do Software” EthoLog 2.2. Letras minúsculas comparam os tratamentos com jejum de 10 horas e sem jejum, para cada densidade, e as letras maiúsculas comparam esses tratamentos entre as densidades.

Em contrapartida, larvas sem jejum permaneceram maior tempo paradas quando na densidade 1:20 e um tempo menor quando nas densidades 6:120 e 12:240. Os comportamentos apresentados por larvas de Chrysopidae são afetados pela presença de um competidor intraguildda (FONDREN et al. 2004; FRÉCHETTE; CODERRE 2000; GAMBOA et al., 2016), bem como pela densidade de presas. Assim, o maior número de larvas de *C. externa*, bem como o maior número de ninfas, presentes nessas duas densidades, influenciou o comportamento de busca, levando-as a se locomoverem, seja na busca por presas ou como forma de repelir ou fugir de seus competidores.

Analisando-se cada densidade separadamente, verifica-se que as larvas em jejum, supridas com 20 ninfas de afídeos, ficaram paradas (P) por tempo significativamente menor em relação àquelas que estavam saciadas, uma vez que, estando famintas, prontamente saíram a forragear em busca por presas. Porém, é interessante salientar que, nas densidades de 120 e 240 ninfas do afídeo, as larvas não responderam de forma significativa ao estado de inanição, o que pode estar relacionado à presença de um maior número de competidores (Figura 3).

O tempo de busca foi influenciado pelo estado de jejum e pela densidade de ninfas de *R. porosum*. Observou-se que larvas sem jejum não responderam de forma significativa à densidade da presa ofertada, ao passo que aquelas em jejum apresentaram um tempo de busca significativamente maior quando na densidade 1:20, em relação às densidades 6:120 e 12:240 (Figura 4). Esse comportamento aponta para o fato de que larvas famintas demandam maior tempo de busca quando um menor número de presas está disponível (densidade 1:20). Por outro lado, aquelas que, em estado de inanição, se encontram diante de uma elevada densidade de presas (6:120 e 12:240) necessitam de menor tempo de busca.

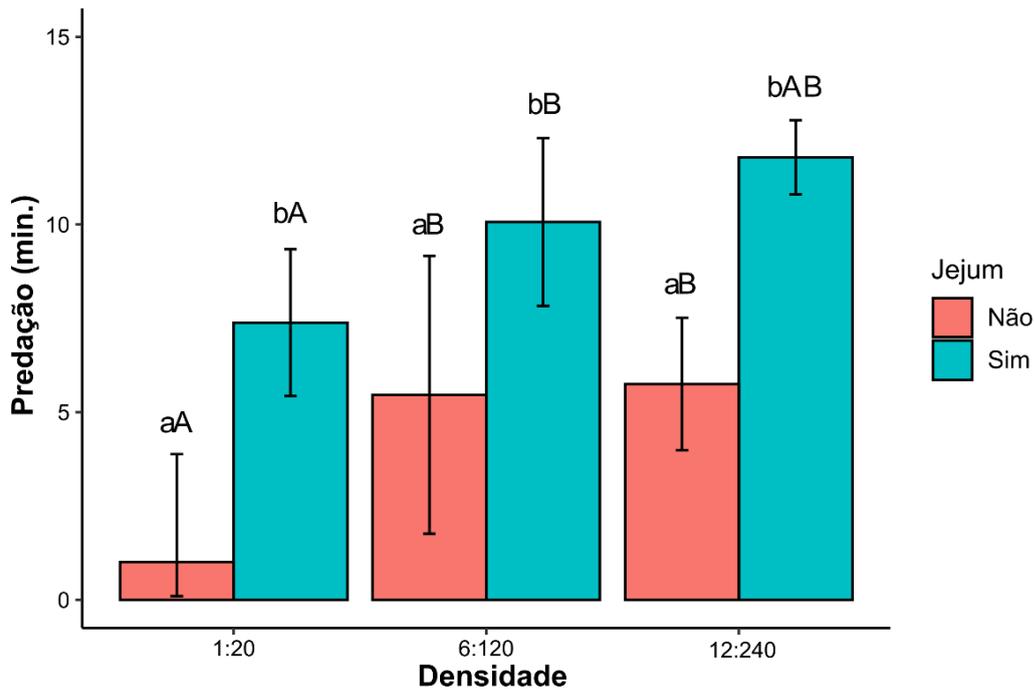
Com relação aos resultados obtidos para cada densidade separadamente, verifica-se que, na densidade 1:20, o tempo de busca por presas não foi influenciado pelo estado de jejum em que as larvas de *C. externa* se encontravam. Porém, quando nas densidades 6:120 e 12:240, as larvas sem jejum passaram mais tempo buscando em relação àquelas em jejum (Figura 4). O menor número de afídeos disponíveis na arena experimental, quando na densidade 1:20, exigiu das larvas em jejum maior tempo de busca pela presa, ou seja, estando famintas, elas precisaram se dedicar à busca por alimento. O oposto ocorreu nas outras duas densidades, nas quais as larvas, ainda que “em jejum”, passaram menos tempo buscando, uma vez que a disponibilidade de ninfas do afídeo era maior.



**Figura 4:** Tempo de busca (minutos) apresentado por larvas de *Chrysoperla externa*, quando expostas a uma proporção predador: presa 1:20, com três densidades de *Rhodobium porosum* (20, 120 e 240). Dados obtidos por meio do Software” EthoLog 2.2. Letras minúsculas comparam os tratamentos com jejum de 10 horas e sem jejum, para cada densidade, e as letras maiúsculas comparam esses tratamentos entre as densidades.

A atividade predatória diferiu de forma significativa conforme os tratamentos sem jejum e com jejum, e conforme as densidades de afídeos (Figura 5). Independentemente da densidade de presas, as larvas privadas de alimento por 10 horas antes do início dos testes passaram maior tempo predando em relação àquelas que estavam saciadas. O fato de a atividade predatória de larvas em jejum ter tido duração mais prolongada, refletiu positivamente no tempo em que permaneceram paradas (Figura 3) e negativamente no tempo em que estiveram buscando (densidades 6:120 e 12:240) (Figura 4).

Nas duas maiores densidades, o tempo gasto pelas larvas (com e sem jejum) durante apreensão foi maior que na densidade 1:20. O maior número de afídeos disponíveis e, conseqüentemente, a maior frequência de encontros entre larvas e ninfas, refletiu no maior tempo de predação e menor tempo requerido na busca pelo alimento.



**Figura 5:** Tempo gasto na atividade de predação (minutos) por larvas de *Chrysoperla externa*, quando expostas a uma proporção predador: presa 1:20, com três densidades de *Rhodobium porosum* (20, 120 e 240). Dados obtidos por meio do Software” EthoLog 2.2. Letras minúsculas comparam os tratamentos com jejum de 10 horas e sem jejum, para cada densidade, e as letras maiúsculas comparam esses tratamentos entre as densidades.

Os comportamentos das larvas de *C. externa* (ausência de locomoção, tempo de busca e tempo de predação) estão associados ao estado de saciedade da larva, à densidade de presas disponíveis e à proporção predador: presa. Assim, para que um programa de controle biológico seja bem sucedido, muitos fatores devem ser levados em consideração, demandando estudos que busquem entender atividades comportamentais dos predadores conforme as condições que podem ocorrer no campo.

O controle de *R. porosum* por larvas de *C. externa* se mostrou eficiente em ambos os ambientes de confinamento testados, sendo que, na proporção 1:10, a população do afídeo foi completamente eliminada. No entanto, a densidade de predadores na área deve ser considerada, uma vez que o elevado número de larvas no sistema pode ocasionar comportamentos indesejáveis, como a predação intraguilda, que levam à perda de eficiência do controle. O comportamento das larvas em jejum reitera os conhecimentos sobre a voracidade desses insetos, uma vez que, nessa condição, as larvas passaram a maior parte do tempo predando. Assim, os crisopídeos, sendo predadores generalistas, ajustam seu comportamento ao ambiente em que se encontram, podendo ser controladores eficazes de populações de afídeos.

## CONCLUSÕES

O número de ninfas de *R. porosum* consumidas por *C. externa* é dependente do estágio de desenvolvimento do predador.

A predação aumentou ao longo do desenvolvimento larval de *C. externa*, constatando-se maior taxa de consumo de afídeos no 3º instar do crisopídeo.

O tipo de ambiente de confinamento das larvas de *C. externa* não interferiu no número de presas consumidas no 1º e 2º instares do predador.

Um ambiente com área menor ocasiona maior consumo por larvas de *C. externa*, em relação a um ambiente com área maior.

A proporção predador: presa 1: 10 (uma larva de 2º instar de *C. externa* para dez ninfas de 2º e 3º instares de *R. porosum*) promoveu a maior porcentagem de consumo de afídeos.

A densidade de 40 ninfas de *R. porosum* para quatro larvas de *C. externa* se mostrou a mais eficiente por acarretar 100% de mortalidade dos afídeos ofertados.

A alta taxa de consumo de *R. porosum* por *C. externa* demonstrou que as larvas do crisopídeo são eficientes reguladores de populações do afídeo.

O comportamento de larvas de *C. externa* foi influenciado pela densidade de afídeos, proporção predador: presa e pelo estado de saciedade da larva.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. F. Pragas das culturas hortícolas e ornamentais protegidas. In: **Contribuição para a Proteção Integrada na região Autónoma da Madeira**. Secretaria Regional de Agricultura Florestas e Pescas, Editora de Carvalho, J. Passos, p. 85-98, 1999.
- BASTIDAS, J.; DEVIA, D.; SANTOS, O. Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. **Ciência. Tecnologia Agropecuaria**. 11 (1): 31 - 40. 2010.
- BARBOSA, L. R., CARVALHO, C. F., SOUZA, B., AUAD, A. M. Influência da densidade de *Myzus persicae* (Sulzer) sobre alguns aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen). **Acta Scientiarum. Agronomy**, 28 (2), 227-231. 2006.
- BARBOSA, L. R., CARVALHO, C. F. D., SOUZA, B., AUAD, A. M. Efficiency of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in the *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) population reduction in sweet pepper (*Capsicum annum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, 32 (4): 1113-1119. 2008.
- BLACKMAN, R.; EASTOP, V. **Aphids on the world's crops. An identification guide**. Chichester, UK: John Wiley & Sons. 2000.
- CARDOSO, G. F. Interação intraguildda entre *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em roseiras. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. 48p.
- CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2000. 196 p.
- COSTA, M. B. Uso de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) no controle de *Aphis gossypii* Glover, 1877 em *Cucumis sativus* L. em ambiente protegido. 2011. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- CUELLO, E. M., ANDORNO, A. V., HERNÁNDEZ, C. M., LÓPEZ, S. N. Prey consumption and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic *Eucalyptus* pests. **Biocontrol Science and Technology**, 29 (12): 1159-1171, 2019.
- DIB H., SAUPHANOR, B., CAPOWIEZ, Y. Effect of management strategies on arthropod communities in the colonies of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphididae) in south-eastern France. - Agriculture, **Ecosystems and Environment**, 216: 203-206. 2016.
- FERREIRA, R. B. Avaliação de parâmetros biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Eriopis connexa* (German) alimentados com o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) em pimentão e coentro. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. 85p.
- FIGUEIRA, L. K., LARA, F. M. Relação predador: presa de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) para o controle do pulgão-verde em genótipos de sorgo. **Neotropical Entomology**, 447-450. 2004.
- FONDREN, K. M., MCCULLOUGH, D. G., WALTER, A. J. Insect predators and augmentative biological control of balsam twig aphid (*Mindarus abietinus* Koch) (Homoptera: Aphididae) on Christmas tree plantations. **Environmental Entomology**, 33 (6), 1652-1661. 2004.

- FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Capacidade predatória e aspectos biológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 25 (2): 251-263, abr./jun. 2001.
- FRECHETTE, B., CODERRE, D. Oviposition strategy of the green lacewing *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) in response to extraguild prey availability. **European Journal of Entomology**, 97 (4), 507-510. 2000.
- FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 66 p.
- GAMBOA, S., SOUZA, B., MORALES, R. Predatory activity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in *Rosa* sp. crop. **Revista Colombiana de Entomología**, 42 (1), 54-58. 2016.
- HOLMAN, J. **Host plant catalog of aphids in the Palaearctic region**. Branisovska, Czech Republic: Springer. 2009.
- HUANG, N.; ENKEGAARD, A. Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. **BioControl**, 55 (3), 379-385. 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR. IBRAFLOR, **Reporte annual**, Holambra, SP: IBRAFLOR, 2019.
- JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SABELIS, M. W. Review Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. **Experimental & Applied Acarology**, 22 (9), 497-521. 1998.
- JESSIE, W. P., GILES, K. L., REBEK, E. J., PAYTON, M. E., JESSIE, C. N.; MCCORNACK, B. P. Preference and Performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) From Winter-Adapted Canola. **Environmental Entomology**, 2015.
- LUCAS E., CODERRE, D., VINCENT, C. Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis citricola* and *Tetranychus urticae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 85: 151-159. 1997.
- KONDO, T., RINCÓN, D. F., PÉREZ-ÁLVAREZ, R., ORDÓÑEZ, A. A. V., GONZÁLEZ, G. Uso de depredadores como agentes de control biológico para insectos plaga. En Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. **Agrosavia**, Mosquera Colombia. V. 2, 454-485. 2018.
- MAIA, W. J. M. S.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; CRUZ, I.; MAIA, T. J. A. Capacidade predatória e aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1259-1268, nov./dez. 2004.
- MOREIRA, C.O.; TAVARES, W. S.; FONSECA, F.G.; CRUZ, I. Biologia de *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) com presas de diferentes idades. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.
- MURATA, A. T., DE BORTOLI, S. A. Estudo da Capacidade de Consumo do Pulgão da Couve por *Chrysoperla externa* e *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2. 2009.

OTTONI, E. B. EthoLog 2.2 - a tool for the transcription and timing of behavior observation sessions. **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, v. 32, n. 3, p.446-449. 2000.

PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. **Journal of Insect Science**, 19 (2), 5. 2019.

PALOMARES-PÉREZ, M., BRAVO-NÚÑEZ, M., ARREDONDO-BERNAL, H. C. Functional Response of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemiptera: Aphididae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, 121(2), 256-264. 2019.

PENNY, N. D. Order Neuroptera. In: TRIPLEHORN, C.; JOHNSON, N. **Borror and Delong's introduction to the study of insects**. Belmont: Thomson Brooks, 2005. cap. 27, p. 469-480.

PEREIRA, L. L. Consumo e preferência alimentar dos crisopídeos *Chrysoperla externa* e *Ceraeochrysa cubana* pelos afídeos da roseira *Macrosiphum rosae* e *Rhodobium porosum*. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 64p.

PESSOA, L. G. A.; SOUZA, B.; SILVA, M. G.; CARVALHO, C. F. Efeito de cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) sobre alguns aspectos biológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 4, p. 429-433, out./dez. 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0. 2015.

SHRESTHA, G.; ENKEGAARD, A. The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: Preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Insect Science**, v.13, n.1, p.94. 2013.

SOUZA, B., COSTA, R. I. F., TANQUE, R. L., OLIVEIRA, P. D. S., SANTOS, F. A. Aspectos da predação entre larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, 32 (3), 712-716. 2008.

SOUZA, B., DOS SANTOS-CIVIDANES, T. M., CIVIDANES, F. J., DE SOUSA, A. L. V. Bioecology of natural enemies used in biological control in the Neotropical region: Predators insects. In: B. Souza et al. (eds.) **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity**, Cham.: Springer, 2019, 546p.

TAMASHIRO, L. A. G. Interação intraguilda entre *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Meneville) e suas implicações no controle de pulgões da roseira. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 80p.

TURQUET, M.; POMMIER, J. J.; PIRON, M.; LASCAUX, E.; LORIN, G. Biological control of aphids with *Chrysoperla carnea* on strawberry. **ISH, Acta Horticulturae**. 842: 641-644. 2009.

VAN LENTEREN, J. C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W. J., & URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, 63 (1), 39-59. 2018.

**ARTIGO 3**

**Temperatura e fotoperíodo: possíveis efeitos sobre o comportamento predatório de *Chrysoperla externa***

Laodicéia Lopes Pereira<sup>1</sup>; Brígida Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras - MG, Brasil. E-mail: laulopes28@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras - MG, Brasil. E-mail: brgsouza@ufla.br

## RESUMO

Os crisopídeos são predadores generalistas e agentes promissores para o controle biológico de afídeos, constituindo-se em uma opção para redução ou substituição do uso de produtos químicos. Esses insetos geralmente apresentam estratégias comportamentais complexas relacionadas à busca, escolha e consumo de presas, as quais afetam o controle de pragas. Essas estratégias devem ser conhecidas quando esses organismos são submetidos a diferentes condições ambientais, sejam elas bióticas ou abióticas, e consideradas em programas de controle biológico, uma vez que poderão afetar o desempenho do inimigo natural pós-liberação. Nesse sentido, os objetivos deste estudo foram avaliar aspectos comportamentais de larvas de *Chrysoperla externa* quando alimentadas com o pulgão *Rhodobium porosum* em diferentes temperaturas e fotoperíodos, e avaliar a possibilidade de tendenciar o comportamento desses insetos antes de serem liberados em campo por meio da aprendizagem. Foi avaliada a capacidade de consumo das larvas nas temperaturas de 15°, 20°, 25°, 30° e 35°C, durante um período de oito horas consecutivas. Para o teste de fotoperíodo foram avaliadas a taxa de predação em 12h de luz e 12h de escuro. Foi constatado que larvas de segundo instar de *C. externa* consomem quantidades semelhantes de ninfas de *R. porosum* quando mantidas a 15° e 20°C. O consumo também foi similar quando as larvas permaneceram nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C, contudo, o número de presas consumidas tendeu a aumentar com a elevação da temperatura. Esse fator climático também não afetou a busca por abrigos pelas larvas do predador. Já o fotoperíodo afetou o consumo de ninfas pelas larvas, sendo que no período de escuro as larvas consomem uma maior quantidade. Quanto à aprendizagem, verificou-se que o fornecimento de ovos de *E. kuehniella* durante o primeiro instar de *C. externa* não influencia a capacidade de predação de ninfas de *R. porosum* pelas larvas no segundo instar, ou seja, as larvas não preferiram as presas consumidas no instar anterior. Esses resultados poderão alicerçar propostas de mudanças na forma de manejo dessa praga em roseiras por meio da aplicação do controle biológico aumentativo com o uso de *C. externa*.

**Palavras-chave:** Aprendizagem, Chrysopidae, Comportamento, Temperatura, Fotoperíodo.

## INTRODUÇÃO

O comportamento de um predador deve ser considerado por ocasião da sua seleção como agente de controle de uma determinada praga (KONDO et al., 2018). Predadores generalistas geralmente mostram estratégias comportamentais complexas relacionados à busca, escolha e consumo de presas, as quais afetam o controle de pragas (BUENO; VAN LENTEREN, 2016; SOUZA et al., 2019). Essas estratégias devem ser conhecidas quando esses organismos são submetidos a diferentes condições ambientais, sejam elas bióticas ou abióticas, e consideradas em programas de controle biológico, uma vez que poderão afetar o desempenho do inimigo natural pós-liberação.

Algumas espécies de Chrysopidae (Neuroptera) se destacam como agentes de controle de pragas (FREITAS, 2001; PRINCIPI; CANARD, 1984). Enquanto os adultos da maioria das espécies alimentam-se de pólen, néctar e *honeydew*, as larvas são predadoras e se alimentam de vários tipos de artrópodes de tamanho reduzido e tegumento pouco esclerotizado (CARVALHO; SOUZA, 2009; MORAES; CARVALHO, 1991). Esses insetos têm a dinâmica de suas populações afetada por fatores climáticos (SOUZA et al., 2019). Algumas espécies, por exemplo, usam o fotoperíodo como indutor de diapausa (CANARD, 2005), enquanto outras têm sua capacidade de consumo afetada pela temperatura (FONSECA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2010).

Embora muitas espécies de crisopídeos sejam conhecidas como importantes agentes de controle de pragas, no Brasil, esses insetos ainda são estudados visando a atender aos quesitos para usocomo agentes de controle biológico. *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861), a espécie mais estudada no país, é conhecida, majoritariamente, por resultados de pesquisas que avaliam aspectos da sua biologia quando alimentado com diferentes tipos de pragas, em laboratório. Alguns desses trabalhos buscam entender a influência do fotoperíodo no desenvolvimento e reprodução desses insetos, sendo escassos os resultados sobre o efeito das condições fotoperiódicas sobre a capacidade predatória. Essa lacuna tem dificultado entender o desempenho desse predador no controle de pragas devido ao possível efeito desse fator sobre o número de presas consumidas, assim como sua relação com as presas disponíveis ao longo do desenvolvimento.

Outra questão que é discutida quando se trata de controle biológico aumentativo, em que uma espécie de inimigo natural é criada massalmente em laboratório, refere-se à aprendizagem. Essa discussão surge devido ao uso de dietas alimentares artificiais ou presas alternativas na criação do inimigo natural. O uso desses alimentos se faz necessário devido à maior facilidade de obtenção e/ou redução dos custos de produção. Em se tratando de predadores generalistas e levando-se em conta a ampla diversidade de presas as quais lhes serve de alimento, essa preocupação torna-se menor. Contudo, o fato de serem submetidos à mesma dieta durante gerações, pode levar o inimigo natural a aprender a buscar por aquela presa especificamente, ou tornar-se menos eficiente na busca pela praga alvo do controle. Devido a isso, o controle de qualidade de inimigos naturais produzidos em laboratório deve ser uma prática inerente ao processo de produção e uma atividade cotidiana nos

laboratórios de produção de inimigos naturais em larga escala (Souza et al., 2019). Para *C. externa*, são relativamente poucas as informações sobre aprendizagem e controle de qualidade. A grande maioria dos trabalhos conduzidos nesse sentido foi realizada para parasitoides (Hymenoptera), demonstrando que esses inimigos naturais podem ter seu comportamento afetado devido a uma experiência prévia com a presa (ZADRA et al., 2018).

Neste trabalho, esses aspectos são investigados para larvas de *C. externa* alimentadas com o pulgão *Rhodobium porosum* (Sanderson, 1901) (Hemiptera: Aphididae), uma espécie de ocorrência comum em roseiras e que tem sido referenciado como uma importante praga da cultura (AGUIAR, 1999). No Brasil, a roseira é uma das plantas ornamentais mais cultivadas e sua produção se dá, principalmente, em ambiente protegido, que também favorece o aumento da densidade populacional de afídeos. Por serem predadores afidófagos, os crisopídeos são uma opção para o controle desses insetos, promovendo a redução ou substituição do uso de produtos químicos. No entanto, para a implementação de um programa de controle de pragas, são necessárias informações sobre as relações entre os organismos envolvidos.

Os objetivos deste estudo foram avaliar aspectos comportamentais de larvas de *C. externa* quando alimentadas com o pulgão *R. porosum* em diferentes temperaturas e fotoperíodos, e avaliar a possibilidade de tendenciar o comportamento desse predador antes de ser liberado em campo, por meio da aprendizagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os testes foram realizados no Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), do Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

**Experimento 1:** Comportamento e consumo de larvas de *Chrysoperla externa* alimentadas com *Rhodobium porosum* em diferentes temperaturas.

Foi avaliada a capacidade de consumo de larvas de segundo instar de *C. externa* alimentadas com ninfas de segundo e terceiro instares de *R. porosum* nas temperaturas de 15°, 20°, 25°, 30° e 35°C, durante um período de oito horas consecutivas. Nesse mesmo período, observou-se, também, o local onde as larvas se abrigavam visando avaliar o comportamento de busca por refúgio decorrente da condição térmica do ambiente. Foram testados cinco locais (substratos) os quais já compunham o ambiente preparado para os estudos (folha de roseira, placa de Petri, vermiculita, eppendorf e isopor).

Foram utilizadas folhas de roseiras cv. Avalanche contendo cinco folíolos, retiradas da parte mediana da planta, cuja base foi envolta por algodão e introduzida em eppendorfs (2 ml) contendo água para manter a turgescência. Cada uma dessas unidades foi encaixada em um orifício feito no centro de uma placa circular de isopor (~9,9 cm Ø), revestida com papel branco, e o conjunto foi encaixado em uma placa de Petri (10 cm Ø). Os espaços que não foram encobertos com o isopor,

foram preenchidos com vermiculita. Todo esse conjunto foi apoiado em uma placa de Petri (15 cm Ø) contendo água para impedir a fuga dos insetos. As folhas de roseira foram infestadas por ninfas de segundo e terceiro instares de *R. porosum*, em número superior à sua capacidade de consumo, conforme resultados obtidos em ensaios preliminares.

Em cada conjunto foram liberadas duas larvas de segundo instar de *C. externa*, as quais foram alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) durante todo o primeiro instar. As larvas não foram privadas de alimento antes do bioensaio. Fez-se uso dos ovos de *E. kuehniella* por se constituírem em presa alternativa de uso tradicional nas criações de crisopídeos para pesquisa e produção em larga escala (CARVALHO; SOUZA, 2009; SOUZA; BEZERRA, 2019). Foram realizadas quinze repetições para cada temperatura estudada. O fotoperíodo foi mantido em 12:12 e a umidade relativa em 70% em todos os tratamentos.

Para relacionar a temperatura com o número de pulgões consumidos foram utilizados GLM com distribuição de erros quasipoisson, em que a variável explicativa foi a temperatura e a variável resposta foi o número de pulgões consumidos. As análises foram efetuadas com auxílio do software R, utilizando os pacotes emmeans, multcomp e os gráficos foram gerados por meio do pacote ggplot2.

**Experimento 2:** Consumo de *Rhodobium porosum* por larvas de *Chrysoperla externa* em diferentes fotoperíodos.

Foram utilizadas placas de Petri (5 cm Ø) contendo uma camada de ágar/água (1%) sobre a qual foram colocados folíolos de roseira com a superfície abaxial voltada para cima. Sobre os folíolos foram distribuídas, de maneira aleatória, ninfas de segundo e terceiro instares de *R. porosum*, em número superior à capacidade de consumo do predador, conforme resultados de testes conduzidos preliminarmente. Em cada placa, liberou-se uma larva de *C. externa* no 2º instar e sem jejum prévio.

Foram testados dois tratamentos: a) 12 horas de luz; b) 12 horas de escuro, com 25 repetições para cada um deles. Em ambos a temperatura foi  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e a umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ . Para o tratamento na presença de luz utilizou-se lâmpada de 40 Watts (fluorescente). O número de ninfas consumidas em cada condição fotoperiódica foi avaliado após 12 horas de exposição do predador às presas.

Para relacionar os fatores período de luz e número de pulgões consumidos foram utilizados GLM com distribuição de erros Poisson, em que a variável explicativa foi o fotoperíodo e a variável resposta foi o número de pulgões consumidos. As análises foram realizadas com por meio do software R, utilizando os pacotes emmeans e multcomp. Os gráficos foram gerados com auxílio do pacote ggplot2.

**Experimento 3:** Há aprendizagem pelas larvas de *Chrysoperla externa* quanto à escolha da presa?

Esse experimento visou testar se o alimento consumido durante o primeiro instar de *C. externa* pode influenciar no consumo durante o segundo instar. Ou seja, seria possível “ensinar” as larvas de

*C. externa* sobre o tipo de presa que ela deve se alimentar? Por serem insetos generalistas, a hipótese esperada é que não haveria influência no comportamento das larvas. Para esse teste foram utilizados quatro tratamentos:

T1: primeiro instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e segundo instar alimentado com pulgão *R. porosum*.

T2: primeiro e segundo instares alimentados com pulgão *R. porosum*.

T3: primeiro instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e segundo instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e pulgão *R. porosum*.

T4: primeiro instar alimentado com pulgão *R. porosum* e segundo instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e pulgão *R. porosum*.

O experimento foi realizado em frascos de vidro (2,5 x 8,5 cm), vedados com filme plástico PVC. As larvas de *C. externa* foram tomadas para os bioensaios logo após eclodirem. Os ovos de *E. kuehniella* foram pesados imediatamente antes e após 12 horas de exposição às larvas do predador, utilizando-se balança de precisão. As ninfas de segundo e terceiro instares de *R. porosum* foram fornecidas em número conhecido e contabilizadas após 12 horas de exposição às larvas.

Durante o primeiro instar (três dias), as larvas foram supridas com a dieta prescrita conforme cada tratamento. Logo após a troca de instar, as larvas foram deixadas em jejum por uma hora e, em seguida, utilizadas nos bioensaios. Este tempo foi adotado para que o exoesqueleto pudesse estar mais enrijecido e as larvas pudessem iniciar a busca pelo alimento. Além do consumo, foram avaliados o tempo de busca e o tempo de manuseio em cada tratamento, num total de quinze repetições.

Para relacionar os tratamentos foi utilizado GLM com distribuição de erros apropriada a cada uma das comparações. As análises foram realizadas com auxílio do software R, utilizando-se os pacotes emmeans e multcomp; os gráficos foram gerados por meio do pacote ggplot2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

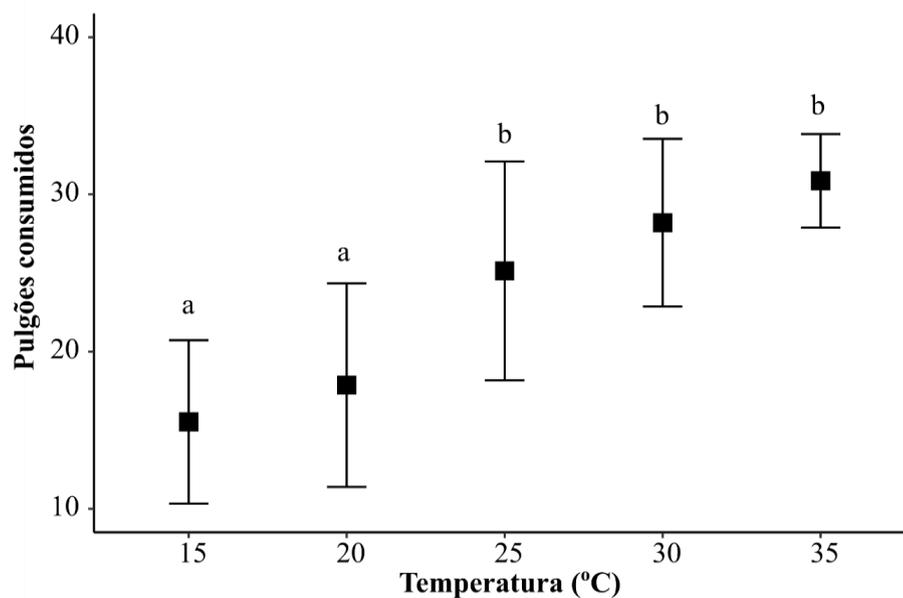
**Experimento 1:** Comportamento e consumo de larvas de *Chrysoperla externa* alimentadas com *Rhodobium porosum* em diferentes temperaturas.

O consumo das larvas de segundo instar de *C. externa* foi estatisticamente igual para as temperaturas de 15°C e 20°C, e foi inferior ao verificado nas demais condições térmicas estudadas (Figura 1). Devido à redução da taxa metabólica em organismos poiquilotérmicos, decorrente das condições térmicas mais baixas, a quantidade de presas consumidas foi menor. Conforme demonstrado por vários autores, temperaturas mais baixas do que o limiar térmico inferior de desenvolvimento podem ocasionar efeitos subletais em populações de crisopídeos, tais como redução do crescimento e, até mesmo, efeitos letais (FONSECA et al., 2015; MAIA et al. 2000; FONSECA et al. 2001; FIGUEIRA et al. 2002; OLIVEIRA et al. 2010; LAVAGNINI; FREITAS 2012).

As temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C não acarretaram diferenças significativas no número de presas consumidas, no entanto observou-se que o consumo aumentou com a elevação da temperatura (Figura 1). O aumento do metabolismo e o conseqüente incremento na atividade predatória das larvas de *C. externa* em função da elevação da temperatura também foram constatados por Fonseca et al. (2015) e Oliveira et al. (2010), em bioensaios realizados em condições semelhantes às do presente trabalho. No entanto, é importante ressaltar que a exposição a longo prazo a altas temperaturas pode ocasionar dificuldade na locomoção, desequilíbrio metabólico e, conseqüentemente, morte do indivíduo (CHAPMAN, 1998; CAMPBELL et al., 1974).

O maior consumo verificado a 25°C em relação à 20°C (Figura 1) corroborou com resultados obtidos em outros trabalhos com *C. externa*, os quais registram 25°C como a condição térmica ótima para o desenvolvimento dessa espécie (CARDOSO; LAZZARI, 2003; FONSECA et al., 2015).

Estudos realizados por Fonseca et al. (2001), Oliveira et al. (2009) e Auad et al. (2014) evidenciaram um prolongamento do período de desenvolvimento de *C. externa* em temperaturas inferiores a 20°C. Assim, o menor consumo em temperaturas mais baixas (dentro dos limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento da espécie) pode ser compensado pela maior duração da fase larval. Esse aspecto assume importância em se tratando de uma espécie de importância como agente de controle de pragas. Sob condições térmicas mais baixas, o inseto terá seu ciclo prolongado e uma taxa diária de consumo menor, contudo, o predador poderá permanecer no cultivo e seguir efetuando o controle da praga. Contudo, além da temperatura, outras variáveis, sejam abióticas (e.g. umidade relativa do ar e precipitação pluvial) ou bióticas (e.g. tipo de presa), devem ser avaliadas no contexto do controle biológico de pragas (CANARD; PRINCIPI, 1984; FRAZER, 1988; KUBO, 1993; VENZON; CARVALHO, 1993; CANARD, 1997).

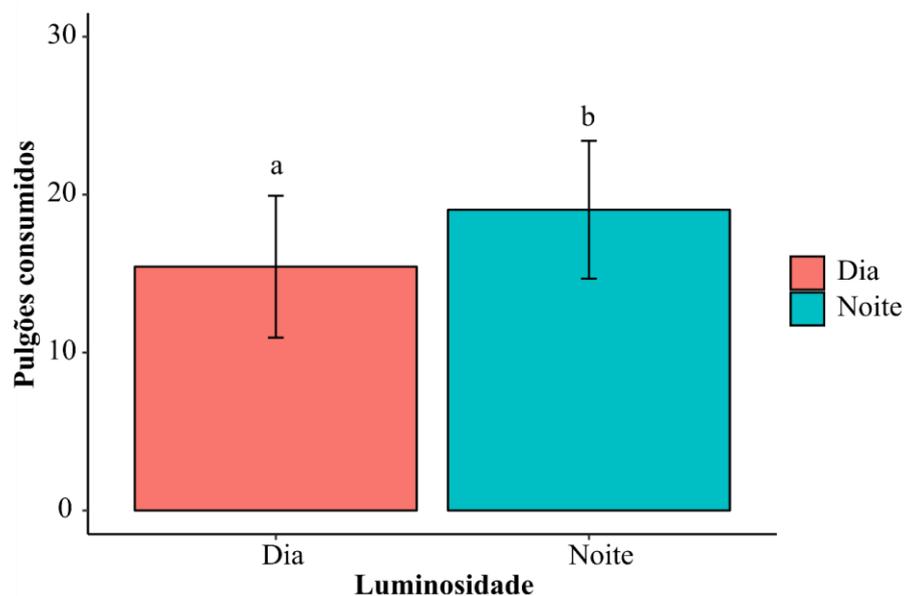


**Figura 1:** Número de ninfas de 2° e 3° instares de *Rhodobium porosum* consumidas por larvas de 2° instar de *Chrysoperla externa* em cinco temperaturas (Fotoperíodo de 12h e UR de 70±10%).

Quanto ao local de abrigo para as larvas (folha de roseira, placa de Petri, vermiculita, eppendorf e isopor) não houve diferença significativa entre os tipos de refúgio e em função da temperatura. No geral, em todas temperaturas, 60% das larvas estavam em algum tipo de abrigo (placa de Petri, vermiculita, eppendorf e isopor), enquanto 40% estavam na folha de roseira. Ainda que as larvas não tenham sido privadas de alimento antes do início dos testes, o tempo de exposição às temperaturas estudadas (8 horas) pode ter sido curto para que pudessem responder de forma significativa à necessidade da busca por abrigo para se protegerem.

**Experimento 2:** Consumo de *Rhodobium porosum* por larvas de *Chrysoperla externa* em diferentes fotoperíodos.

O consumo médio de ninfas de *R. porosum* por larvas de *C. externa* foi afetado pelo fotoperíodo, sendo significativamente mais elevado quando mantidas no escuro (Figura 2).



**Figura 2:** Número de ninfas de 2º e 3º instares de *Rhodobium porosum* consumidas por larvas de 2º instar de *Chrysoperla externa* durante 12 horas de luz (Dia) e 12 horas de escuro (Noite) (Temperatura de 25°C e UR de 70±10%).

Grande parte dos trabalhos de pesquisa envolvendo fotoperíodo tem objetivado verificar seu efeito sobre a biologia reprodutiva e desenvolvimento dos insetos. Macedo et al. (2003), por exemplo, não encontraram alterações na duração do período embrionário, número, duração e viabilidade dos instares de *C. externa* e tampouco verificaram mudanças morfológicas, fisiológicas ou comportamentais que caracterizassem sintoma de diapausa nessa espécie. Em pesquisa objetivando verificar a influência do tipo de cultivo e de fatores climáticos sobre a ocorrência de crisopídeos em campo, Resende et al. (2014) demonstraram uma alta plasticidade ecológica de *C. externa*, cuja

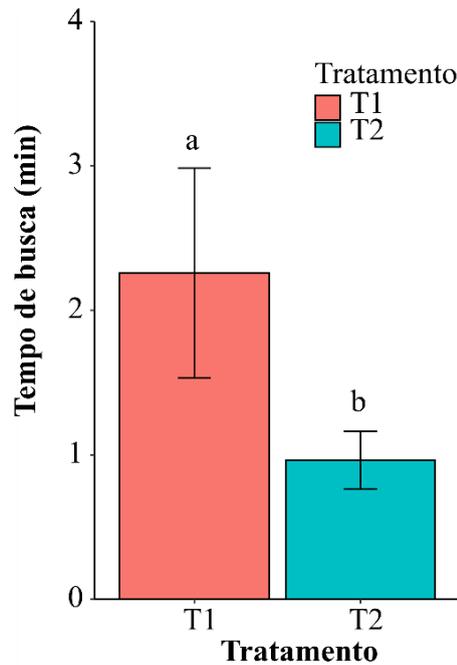
ocorrência foi constante ao longo do ano, além de exibir uma baixa especialização em relação à diversidade vegetal.

Porém, o fotoperíodo, assim como a temperatura (experimento 1) e diversos outros fatores abióticos e bióticos, pode acarretar alterações comportamentais que afetam a atividade predatória e a dinâmica das populações de *C. externa*. O consumo mais elevado de presas na ausência de luz, registrado neste trabalho, representa um indicador para a liberação de larvas desse crisopídeo no período tarde/noite. Nesse horário, o controle da praga-alvo poderá ser mais efetivo em relação às liberações efetuadas à plena luz do dia. No entanto, são necessários estudos mais aprofundados para comprovação dessa hipótese em condições de semi-campo e campo.

**Experimento 3:** Há aprendizagem pelas larvas de *Chrysoperla externa* quanto à escolha da presa?

Quando comparados os tratamentos T1 e T2 (T1: primeiro instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e segundo instar alimentado com *R. porosum*; T2: primeiro e segundo instares alimentados com *R. porosum*), não foi constatada diferença significativa no consumo de afídeos pelas larvas de segundo instar *C. externa*, ou seja, o tipo de presa disponibilizada no primeiro instar não influenciou no consumo de ninfas do afídeo pelas larvas de segundo instar. Esses resultados diferem dos obtidos por Auad et al. (2001) quando avaliaram larvas de terceiro instar de *C. externa* alimentadas previamente com ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819) e supridas com ninfas de *Uroleucon ambrosiae* (Thomas, 1878) quando no terceiro instar. Esses autores observaram que a dieta ingerida nos dois primeiros instares afetou a resposta funcional do último instar, na medida em que as larvas que receberam ovos de *S. cerealella* consumiram maior número de afídeos em relação àquelas que já haviam se alimentado do pulgão no primeiro e segundo instares. Essa divergência pode estar relacionada ao estágio de desenvolvimento utilizado no bioensaio, uma vez que ovos de *S. cerealella*, assim como de *E. kuehniella*, são presas alternativas adequadas para o desenvolvimento completo das larvas de *C. externa* (DE BORTOLI et al., 2006).

O tempo de busca apresentado por larvas de segundo instar de *C. externa* diferiu em função dos tratamentos T1 e T2 (Figura 3). Larvas que não tiveram contato com pulgões no primeiro instar (T1) passaram mais tempo buscando em relação àquelas que já haviam tido contato prévio com os afídeos, as quais encontraram a presa mais rapidamente. É possível que essas larvas possam reconhecer os odores emitidos pelos afídeos e, assim, despender menor tempo na busca pela presa. Esse resultado corrobora a comprovação sobre a atração e preferência de adultos de *C. externa* por ovipositar em plantas infestadas por pulgões em relação àquelas livres do afídeo (SALAMANCA et al., 2015). Fernández (2019) demonstrou que larvas de *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) são capazes de identificar voláteis e ter sua capacidade de consumo aumentada em função da rápida identificação da presa. Essa característica de *C. carnea* pode ser compartilhada com *C. externa*, uma espécie pertencente ao grupo “carnea” do gênero *Chrysoperla*.



**Figura 3:** Tempo de busca (min.) apresentado por larvas de segundo instar de *Chrysoperla externa*. T1: primeiro instar alimentado com ovos de *Ephestia kuehniella* e segundo instar alimentado com *Rhodobium porosum*; T2: primeiro e segundo instares alimentados com *R. porosum*. (Temperatura de 25°C, UR de 70±10% e Fotoperíodo de 12 horas).

Quanto ao tempo de manuseio, não houve diferença significativa entre os tratamentos T1 e T2, ou seja, apesar das larvas de *C. externa* reconhecerem mais prontamente a presa, o tempo em que ficaram em contato, se alimentando dela, foi semelhante. Esse comportamento reitera a elevada capacidade predatória das larvas de *C. externa*, uma vez que a voracidade no segundo estágio não foi afetada pelo tipo de presa consumida no primeiro instar.

Não houve diferença significativa para o consumo, tempo de busca e tempo de manuseio, entre os tratamentos T3 e T4 (T3: primeiro instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e segundo instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e *R. porosum*; T4: primeiro instar alimentado com *R. porosum* e segundo instar alimentado com ovos de *E. kuehniella* e *R. porosum*). Esses resultados também divergem daqueles obtidos por Auad et al. (2001), citados anteriormente, ou seja, para esses autores a dieta ingerida nos dois primeiros instares afetou a resposta funcional do último instar, o mesmo não ocorreu no presente trabalho.

Apesar de não haver diferenças entre os resultados obtidos para os tratamentos T3 e T4, verificou-se que a maioria das larvas apresentou preferência pelos afídeos, que são sua presa natural. Além de diversas características da presa, utilizadas para seu reconhecimento pelo predador, soma-se, ainda, a mobilidade das ninfas, que pode ser um fator de importância para o encontro da presa pelo predador (BRASIL, 2000). Nesse caso, o movimento dos pulgões pode ter sido essencial para a escolha, enquanto que os ovos de *E. kuehniella*, mesmo sendo nutricionalmente adequados, não foram

preferidos de imediato. É importante ressaltar que aspectos como intensidade de esclerotização do tegumento, características comportamentais, composições química e nutricional da presa, bem como compostos secundários da planta hospedeira, também podem influenciar o predador quanto à preferência por determinada presa (SOARES; MACÊDO, 2000).

Além disso, a preferência das larvas de crisopídeos por afídeos (GRAVENA; CUNHA, 1991) comprova sua aptidão para a predação, mesmo sem ter havido contato prévio com a presa. Assim, independentemente da dieta utilizada na criação de *C. externa*, as larvas mantêm seu potencial de controle da praga-alvo.

## CONCLUSÕES

Larvas de segundo instar de *C. externa* consomem quantidades semelhantes de ninfas de *R. porosum* quando expostas a temperaturas de 15° e 20°C.

O consumo não é influenciado pelas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C, mas o número de presas consumidas tende a aumentar com a elevação da temperatura.

O consumo por larvas de segundo instar de *C. externa* é mais elevado nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C.

A temperatura não afeta a busca por abrigos por larvas de *C. externa*.

O consumo de ninfas de *R. porosum* por larvas de *C. externa* é afetado pelo fotoperíodo, sendo mais elevado na ausência de luz.

O fornecimento de ovos de *E. kuehniella* durante o primeiro instar de *C. externa* não influencia o número de ninfas de *R. porosum* predadas pelas larvas no segundo instar, ou seja, as larvas do predador não ficam condicionadas à presa alternativa.

Larvas de segundo instar de *C. externa* apresentam menor tempo de busca por ninfas de *R. porosum* quando, no primeiro instar, são alimentadas com essa presa, em relação àquelas supridas com ovos de *E. kuehniella*.

O tempo de manuseio gasto por larvas de segundo instar de *C. externa* alimentadas com ninfas de *R. porosum* não é afetado pelo tipo de presa ingerida no primeiro instar.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. F. Pragas das culturas hortícolas e ornamentais protegidas. **Contribuição para a Proteção Integrada na região Autónoma da Madeira. Secretaria Regional de Agricultura Florestas e Pescas, Região Autónoma da Madeira**, p. 85-98, 1999.
- AUAD, A. M., SANTOS, J. C., FONSECA, M. G. Effects of temperature on development and survival of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae). **Florida Entomologist**, 1353-1363. 2014.
- AUAD, A. M., DE FREITAS, S., BARBOSA, L. R. Influência de la dieta en la respuesta funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentadas con *Uroleucon ambrosiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae). **Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas**, 27, 455-464. 2001.
- BRASIL, D. P. Potencial de predação de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) sobre diferentes presas. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 21 p. 2000.
- BUENO, V. H.; VAN LENTEREN, J. C. Predadores no Controle Biológico de Pragas: Sucessos e Desafios. **Defensivos Agrícolas Naturais**, 359. 2016.
- CAMPBELL, A.; FRAZER, B. D.; GILBERT, N.; GUITIERREZ, A. P.; MACKAUER, M. Temperature requirements of some aphids and their parasites. **Journal of Applied Entomology**. 11 (2): 431-438.1974.
- CANARD, M. Can lacewings feed on pests in winter? (Neuroptera: Chrysopidae and Hemerobiidae). **Entomophaga**, Paris, 42: 113-117.1997.
- CANARD, M. Seasonal adaptations of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). **European Journal of Entomology**, 102 (3), 317. 2005.
- CANARD, M.; PRINCIPI, M. M. Development of Chrysopidae, p. 57–75. In: M. CANARD; Y. SÉMÉRIA, T. R. NEW (Eds). **Biology of Chrysopidae**. The Hague, W. Junk Publishers, 294p. 1984.
- CARDOSO, J. T.; LAZZARI, S. Development and consumption capacity of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera, Chrysopidae) fed with *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae) under three temperatures. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20 (4), 573-576. 2003.
- CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 430p.
- CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge University Press, New York. 788 p.1998.
- DE BORTOLI, S. A., CAETANO, A. C., MURATA, A. T., OLIVEIRA, J. D. M. Desenvolvimento e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. **Revista de biologia e ciências da terra**, 6 (1), 145-152. 2006.
- FERNÁNDEZ ORJUELA, J. L. Respuesta comportamental de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) al salicilato de metilo en condiciones de laboratorio. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. Bogotá. 48 p. 2019.

- FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Influência da temperatura sobre alguns aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, 26: 1439-1450. 2002.
- FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Capacidade predatória e aspectos biológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, 25 (2): 251-263. 2001.
- FONSECA, A. R., CARVALHO, C. F., CRUZ, I., SOUZA, B., ECOLE, C. C. Development and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures. **Revista Colombiana de Entomología**, 41 (1), 4-11.2015.
- FRAZER, B.D. Predators, p. 217-230. In: A.K. MINKS & P. HARREWIJN (Eds). **Aphids, their biology, natural enemies and control**. Amsterdam, Elsevier, vol. 2B, 364p. 1988.
- GRAVENA, S.; CUNHA, H. F. da. **Artropodos predadores na cultura algodoeira**. Jaboticabal: CEMIP-UNESP, 1991. 45 p. (Boletim 1).
- KONDO, T., RINCÓN, D. F., PÉREZ-ÁLVAREZ, R., ORDÓÑEZ, A. A. V., GONZÁLEZ, G. Uso de depredadores como agentes de control biológico para insectos plaga. En «Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros» **Agrosavia**, Mosquera Colombia, 2: 454-485. 2018.
- KUBO, R. K. Efeito de diferentes presas no desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Dissertation UNESP/ FCAV, Brasil.1993.
- LAVAGNINI, T. C.; FREITAS, S. Capacidade reprodutiva e longevidade de *Chrysoperla externa* cujas fases imaturas foram submetidas à ambientes com diferentes temperaturas de criação. **Nucleus**, 9 (1): 131-136. 2012.
- MACEDO, L. P. M; SOUZA, B.; CARVALHO, C. F.; ECOLE, C. C. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento e na reprodução de **Chrysoperla externa** (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 91-96, 2003.
- MAIA, W. J. M.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. 2000. Exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. **Ciência e Agrotecnologia** 24 (1): 811-886.
- OLIVEIRA, S. A., SOUZA, B., AUAD, A. M., SILVA, D. M., SOUZA, L. S., AND CARVALHO, C. A. Desenvolvimento e reprodução de *Sipha flava* (Forbes) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**. 38: 311-316. 2009.
- OLIVEIRA, S. A., AUAD, A. M., SOUZA, B., SILVA, D. M., & CARVALHO, C. A. Effect of temperature on the interaction between *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). **European Journal of Entomology**, 107 (2), 183.2010.
- RESENDE, A. L. S., SOUZA, B., AGUIAR-MENEZES, E. D. L., OLIVEIRA, R. J., CAMPOS, M. E. S. Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, 81 (3), 257-263. 2014.

SALAMANCA, J., PAREJA, M., RODRIGUEZ-SAONA, C., RESENDE, A. L. S., SOUZA, B. Behavioral responses of adult lacewings, *Chrysoperla externa*, to a rose–aphid–coriander complex. **Biological control**, 80, 103-112. 2015.

SOUZA, B., BEZERRA, C. E. S. Predatory Insects. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 175-188). Springer, Cham. 2019.

SOUZA, B., DOS SANTOS-CIVIDANES, T. M., CIVIDANES, F. J., DE SOUSA, A. L. V. Predatory Insects. In **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems** (pp. 73-87). Springer, Cham. 2019.

VENZON, M.; C.F. CARVALHO. Desenvolvimento larval, pré-pupal e pupal de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes dietas e temperaturas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, 22: 477-483. 1993.

ZADRA, W. C., SANT'ANA, J., REDAELLI, L. R., TOGNON, R. Plasticidade da aprendizagem de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) associada a voláteis de frutos e óleos essenciais. **Iheringia. Série Zoologia**, 108, e2018026. Epub June 21, 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018026>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil vem atingindo cifras cada vez mais elevadas e, nesse país, a rosa é a flor de corte mais cultivada e a mais procurada pelo consumidor. Apesar da sua importância econômica e cultural, as pesquisas sobre as pragas da roseiras, e de espécies ornamentais em geral, são relativamente escassas. Entre as pragas associadas ao cultivo de rosas, incluem-se várias espécies de pulgões, entre elas *Rhodobium porosum*, que tem sido controlada majoritariamente por meio de produtos químicos. Cientes dos vários problemas decorrentes da necessidade do uso desses produtos, os produtores têm buscado por estratégias de controle que sejam menos agressivas. O uso de agentes biológicos pode contribuir para o controle dessa praga, reduzindo ou eliminando o uso desses produtos. O predador *Chrysoperla externa* tem sido estudado no sentido de atender a essa demanda.

Nossos resultados mostraram que *R. porosum* associado à roseira cv. Avalanche é uma presa adequada para o desenvolvimento de *C. externa* e que, diante do elevado número de ninfas consumidas, esse predador pode ser utilizado como agente de controle do afídeo. A proporção 1:10 (uma larva do predador para dez ninfas da presa) ocasionou a eliminação total da população do afídeo, contudo, deve-se atentar para a extrapolação de resultados obtidos em laboratório para as condições de cultivo. Assim, são necessários estudos adicionais que busquem uma avaliação completa da capacidade de controle e comportamento desse crisopídeo em áreas de cultivo comercial de rosas. Deve-se incluir testes “in loco” para verificar a eficiência de controle de liberações de larvas efetuadas no final da tarde, tendo em vista que o maior consumo se dá no período noturno.

Os resultados obtidos poderão alicerçar propostas de mudanças na forma de manejo dessa praga em roseiras por meio da aplicação do controle biológico aumentativo com o uso de *C. externa*, concorrendo para a segurança dos produtores e consumidores e para uma produção saudável.