



**JAILMA RODRIGUES DOS SANTOS**

**BIOLOGICAL CYCLE OF *Selenothrips rubrocinctus* IN ROSES,  
PREDATORY ACTIVITY AND FUNCTIONAL RESPONSE OF  
*Chrysoperla externa***

**LAVRAS - MG  
2021**

**JAILMA RODRIGUES DOS SANTOS**

**BIOLOGICAL CYCLE OF *Selenothrips rubrocinctus* IN ROSES, PREDATORY  
ACTIVITY AND FUNCTIONAL RESPONSE OF *Chrysoperla externa***

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Entomologia, área  
de concentração Entomologia, para  
obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Brígida Souza  
Orientadora

**LAVRAS-MG**

**2021**

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

Santos, Jailma Rodrigues dos.

Biological cycle of *Selenothrips rubrocinctus* in roses,  
predatory activity and functional response of *Chrysoperla externa* /  
Jailma Rodrigues dos Santos. - 2021.

87 p. : il.

Orientador(a): Brígida Souza.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Rosa sp. 2. Tripes-da-faixa-vermelha. 3. Controle Biológico.  
I. Souza, Brígida. II. Título.

**JAILMA RODRIGUES DOS SANTOS**

**BIOLOGICAL CYCLE OF *Selenothrips rubrocinctus* IN ROSES, PREDATORY  
ACTIVITY AND FUNCTIONAL RESPONSE OF *Chrysoperla externa***

**CICLO BIOLÓGICO DE *Selenothrips rubrocinctus* EM ROSEIRA, ATIVIDADE  
PREDATÓRIA E RESPOSTA FUNCIONAL DE *Chrysoperla externa***

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

APROVADA em 19 de fevereiro de 2021

Dra. Brígida Souza UFLA  
Dr. Geraldo Andrade de Carvalho UFLA  
Dr. Alexandre José Ferreira Diniz ESALQ

Profa. Dra. Brígida Souza  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

À Deus, autor do meu destino.  
À minha família, minha força diária.  
Aos mestres, condutores do conhecimento.  
Dedico

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que com sua infinita sabedoria foi um verdadeiro guia nessa minha jornada.

Aos meus pais, por serem os maiores incentivadores das minhas escolhas.

Aos meus irmãos, por sempre estarem na torcida, ajudando e apoiando.

Ao meu tio Cosmo Rosa “in memória”, a minha gratidão, esteja onde estiver, sempre ficará em minha memória e coração.

Aos professores do curso de Agronomia do Instituto Federal do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte, por possibilitarem a realização deste sonho.

Ao professor Dr. José Wagner da Silva Melo, por ter apostado e confiado em mim, proporcionando a realização deste passo em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Entomologia (DEN) e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade, proporcionando a formação do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de Mestrado.

À professora e orientadora Dra. Brígida Souza, pela ajuda, conhecimentos e parceria durante todo mestrado.

Ao Coordenador da pós-graduação, Dr. Ronald Zanetti, pela acessibilidade, exemplo de profissionalismo, sempre buscando solucionar os problemas.

A todos os docentes do DEN, pelos ensinamentos repassados.

A secretária do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Isabel Nogueira, que de forma brilhante exerce sua função, superando todas as nossas expectativas, uma “mãe”.

Aos Chefe de Departamento, Dr. Luís Cláudio P. Silveira (2019) e Dr. Geraldo A. Carvalho (2020), por estarem sempre dispostos a ajudar.

Aos técnicos de laboratório, Luciano Souza, Elaine Aparecida, Eliane Andrade, Pablo Naves e Raul Magalhães, por sempre estarem acessível e prontos para ajudar.

À técnica Ana Paula Ananias, que terá minha eterna gratidão, pessoa especial, de grande coração, o meu muito obrigada por tudo. Sem você tudo seria mais difícil.

Ao Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), em especial a Marília Mickaele, pela parceria, principalmente durante a pandemia da COVID19.

A minha equipe de trabalho, em especial Letícia Gomes e Thaiany Campos, por terem aceitado o desafio! Obrigada por me ensinarem e por me deixar ensinar.

A todos os pós-graduandos do DEN, em especial a turma 2019/1, pelo acolhimento e por dividir momentos de alegria, tensão, tristeza e conquistas.

Ao Núcleo de Estudo em Entomologia (NEENTO), por ter contribuído para minha formação pessoal e profissionalmente, e por todas as oportunidades.

A “turma do torresmo”, Anna Mara, Gabriel Tadeu, Karolina Figueiredo, Fernanda Ferreira, vocês foram meu chão em Lavras. Com vocês dividi meus melhores e piores momentos. Vocês sempre ficarão nas minhas mais belas memórias e no meu coração.

À Mariana Macedo, uma amiga que, sem dúvidas, foi um presente precioso que Deus me deu, que me recebeu de braços abertos, sempre disponível, meu ponto de equilíbrio em Lavras.

Ao Marvin Pec, um amigo admirável, sempre disposto a ajudar, com coração enorme. Obrigado por tanto me ensinar a sua cultura, pela parceria e paciência.

Aos amigos estrangeiros, em especial Sósttenes Leal, Janet Alfonso e Marvin Pec, pelos ensinamentos culturais, pela recepção, pelos momentos compartilhados.

Aos amigos Nathan Lopes, Pedro Polizello e Kamila Azevedo, por todo carinho de sempre.

Ao Wellington Donizet, por todo conhecimento sólido e conciso repassado, de fundamental importância para minha formação, tu és um amigo, pessoa incrível.

Ao Guilherme Santos, por ter sido meu apoio no momento que mais precisei em Lavras.

A todos os amigos de Lavras, que direta ou indiretamente, tornaram meus dias mais leves e mais alegres.

A toda minha família (pais, irmãos, tios, tias, primos, primas, avó, padrinho), pelas vibrações positivas.

Aos meus amigos, Kalline Silveira, José Soares, Lucivânio Domingos, Ana Paula Barthman, Cristiane Coutinho, Alice Coelho, Ivaneide Maria, Gabriela Maia, Hilberlânia Cavalcante, Arilene Franklin, Marília Lima, Ildemara Cavalcante, Pedro Eymar e Diego Alef, que sempre estiveram comigo, aplaudindo minhas conquistas e apoiando minhas escolhas. Presentes preciosos!

As minhas crianças do coração, Bianca, Jhonatan, Pedro Victor, Jorge Luiz e Hemily, que alegram meus dias.

Ao professor Dr. Maurício Sekiguchi de Godoy, pelo incentivo, parceria e amizade.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para minha formação acadêmica.

“Aprendi a aceitar desafios que nunca pensei fazer antes.  
Sucesso e conforto não podem coexistir.” (Ginni Rometty)



## RESUMO

A rosa (*Rosa* sp.) é a flor de corte mais cultivada no Brasil, sendo um dos produtos que vêm promovendo a expansão do mercado nos últimos anos. Vários desafios são enfrentados no cultivo da roseira, a maioria deles relacionada à ocorrência de pragas, os quais se agravam quando conduzido em ambientes parcial ou totalmente protegidos. Dentre os artrópodes fitófagos associados às roseiras inclui-se o tripses *Selenothrips rubrocinctus* (Thysanoptera: Thripidae), uma espécie recentemente relatada para a cultura e que, até o momento, pouco é conhecido sobre sua biologia, comportamento e impacto de seus danos à produção de rosas. Com relação ao controle, estudos evidenciam que larvas de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) podem ser utilizadas como agentes de redução populacional dessa praga, porém, pouco se sabe a respeito da efetividade desses predadores e, tampouco, sobre aspectos biológicos e comportamentais relacionados à interação entre o tripses e o inimigo natural. Nesse sentido, o presente estudo objetivou conhecer o ciclo biológico completo de *S. rubrocinctus* em roseira, elaborar a tabela de vida da espécie e conhecer o efeito dessa presa sobre a atividade predatória e resposta funcional de *Chrysoperla externa*. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), Universidade Federal de Lavras (UFLA), a  $25\pm 1$  °C,  $70\pm 10\%$  de UR e fotofase de 12h. O estudo do ciclo biológico e a elaboração da tabela de vida de *S. rubrocinctus* criado em roseiras incluiu a avaliação da proporção sexual (em caso de emergência de macho), duração e viabilidade do 1º e 2º instar, fase ninfal, pré-pupa e pupa, fecundidade, duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição e longevidade, avaliados por meio de observações diárias. Para o estudo do efeito de *S. rubrocinctus* sobre as atividades predatórias de *C. externa* foram utilizadas ninfas da presa como alimento para as larvas do predador, avaliando-se a capacidade predatória, tempos de busca e manuseio e a resposta funcional. Os resultados obtidos para os parâmetros biológicos, reprodutivos e populacionais de *S. rubrocinctus* apontam a roseira como um hospedeiro adequado para o desenvolvimento e reprodução da espécie e evidenciam o potencial desse tripses para atingir o status de praga-chave da cultura. A aceitação das ninfas do tripses pelas larvas de *C. externa* foi demonstrada pelo elevado número de presas consumidas e eficiência nas atividades de busca e manuseio. A resposta funcional foi do tipo II, o que ratifica a importância do papel que esse predador pode desempenhar na regulação das populações do tripses. Todos os instares do crisopídeo apresentam capacidade efetiva de predação, o que torna esse inimigo natural um agente promissor para o controle biológico de *S. rubrocinctus* em roseiras.

**Palavras-Chave:** Tripses; tabela de vida; crisopídeos; predação; resposta funcional; flores de corte.

## ABSTRACT

The rose bush (*Rosa* sp.) is the most cultivated cut flower in Brazil, being one of products that have been promoting expansion of the market in recent years. Several challenges are faced in cultivation of rosebushes, most of them related to occurrence of pests, which worsen when conducted in partially or totally protected environments. Among the pest arthropods associated with rosebushes is *Selenothrips rubrocinctus* (Thysanoptera: Thripidae), a species recently reported for that crop and which, until then, little is known about its biology, behavior and impact of its damage to production of roses. Regarding control, studies show that chrysopids larvae (Neuroptera: Chrysopidae) can be used to manage the population of that thrips, however, little is known about the effectiveness of these predators on biological and behavioral aspects related to the interaction between the thrips and the its natural enemy. So, this study aimed to know the complete biological cycle of *S. rubrocinctus* in rosebushes, elaborate the life table of the species and to know the effect of this prey on the predatory activity and functional response of *Chrysoperla externa*. The work was carried out in Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), Federal University of Lavras (UFLA), at  $25\pm 1$  °C,  $70\pm 10\%$  RH and 12h photophase. In order to study the biological cycle and prepare the life table of *S. rubrocinctus* rearing on rosebushes we evaluated the sexual proportion (in case of emergence of a male), duration and viability of the 1st and 2nd instar, nymph phase, pre-pupa and pupa, fecundity, duration of the pre-oviposition, oviposition, and post-oviposition periods, and its longevity, through daily observations. In order to study the effect of *S. rubrocinctus* on *C. externa* predatory activities, we used nymphs as prey for the predator's larvae. We evaluated the predatory capacity, search and handling time and functional response. The results for the biological, reproductive and population parameters of *S. rubrocinctus* indicated the rosebushes as an adequate host for the development and reproduction of this thrips and evidenced the potential of this species to achieve the status of key-pest of the crop. The acceptance of thrips nymphs by *C. externa* larvae was demonstrated by the high number of prey consumed and high efficiency in search and handling activities. The functional response was type II, which confirms the importance of this predator in regulating thrips populations. All the instars of the chrysopid had effective predation capacity, what become this natural enemy promising in the biological control of *S. rubrocinctus* in rosebushes.

**Keywords:** Thrips; life table; chrysopids; predation; functional response; cut-flowers.

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	<b>132</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>13</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>17</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	<b>20</b>
	<b>ARTIGO 1</b> .....	<b>21</b>
	<i>Can <b>Selenothrips rubrocinctus</b> become a new peste in rose bush?</i> .....	<b>22</b>
	<b>Abstract</b> .....	<b>23</b>
	<b>Introduction</b> .....	<b>24</b>
	<b>Material and Methods</b> .....	<b>25</b>
	<b>Experimental environment</b> .....	<b>25</b>
	<i>Selenothrips rubrocinctus</i> rearing .....	<b>26</b>
	<b>Screening of substrates for the maintenance of rose leaflets</b> .....	<b>26</b>
	<b>Development of <i>Selenothrips rubrocinctus</i> in Avalanche and Príncipe Negro rose bushes cultivars</b> .....	<b>27</b>
	<b>Life table of <i>Selenothrips rubrocinctus</i> in rose bush</b> .....	<b>29</b>
	<b>Graphic program</b> .....	<b>32</b>
	<b>Results</b> .....	<b>32</b>
	<b>Screening of substrates for the maintenance of rose leaflets</b> .....	<b>32</b>
	<b>Development of <i>Selenothrips rubrocinctus</i> in Avalanche and Príncipe Negro rose bushes cultivars</b> .....	<b>33</b>
	<b>Life table of <i>Selenothrips rubrocinctus</i> in rose bush</b> .....	<b>36</b>
	<b>Discussion</b> .....	<b>42</b>
	<b>Authors’ contributions</b> .....	<b>46</b>
	<b>Acknowledgments</b> .....	<b>47</b>
	<b>References</b> .....	<b>47</b>
	<b>Supplementary material 1</b> .....	<b>52</b>
	<b>Supplementary material 2</b> .....	<b>54</b>
	<b>ARTIGO 2</b> .....	<b>57</b>
	<i>Chrysoperla externa</i> (Neuroptera: Chrysopidae) possui potencial para controlarr <i>Selenothrips rubrocinctus</i> (Thysanoptera: Thripidae) em roseiras? .....	<b>58</b>
	<b>Resumo</b> .....	<b>59</b>
<b>1.</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>60</b>

2.	Material e Métodos .....	62
2.1	Área Experimental.....	62
2.2	Criação de <i>Selenothrips rubrocinctus</i> .....	62
2.3	Criação de <i>Chrysoperla externa</i> .....	62
2.4	Capacidade predatória de larvas de <i>Chrysoperla externa</i> .....	63
2.5	Tempos de busca e manuseio por larvas de <i>Chrysoperla externa</i> .....	64
2.6	Resposta funcional de <i>Chrysoperla externa</i> .....	65
3.	Resultados.....	67
3.1	Capacidade predatória de larvas de <i>Chrysoperla externa</i> .....	67
3.2	Tempos de busca e manuseio por larvas de <i>Chrysoperla externa</i> .....	69
3.3	Resposta funcional de <i>Chrysoperla externa</i> .....	69
4.	Discussão.....	72
	Declaração da Contribuição de Autoria .....	76
	Declaração de Concorrência de Interesse.....	77
	Agradecimentos.....	77
	Referências .....	77
	Material Suplementar 1 .....	5283
	<b>TERCEIRA PARTE.....</b>	<b>85</b>
1.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o consumo de flores e plantas ornamentais vem crescendo ao longo dos anos, atingindo um aumento médio de 7% na produção e movimentado 8,7 bilhões de reais em 2019 (IBRAFLOR, 2020). O país possui cerca de 8,2 mil produtores, os quais produzem mais de 350 espécies de flores e plantas ornamentais (JUNQUEIRA; PEETZ, 2015). Entre elas, a cultura da roseira (*Rosa* spp.) tem tido significativa expansão nos últimos anos tornando a rosa a flor de corte mais produzida e a mais procurada pelo consumidor brasileiro (RIJSWICK, 2015; SEBRAE, 2015).

Os consumidores, responsáveis por movimentar a economia, observam e exigem qualidade, durabilidade e frescor do produto final (PEREIRA; MELO; DIA, 2010). Visando ao maior controle da qualidade do produto, no Brasil, o cultivo de rosas é feito, em sua maioria, em ambiente protegido (BRAINER, 2018). Porém, por vir se expandindo ao longo dos anos, problemas fitossanitários, como os relacionados aos artrópodes-praga, têm se agravado nesses ambientes, devido, especialmente, às altas temperaturas e elevadas densidades de plantas (CARVALHO et al., 2009).

Entre as diversas espécies herbívoras que afetam os cultivos de roseiras, destacam-se os pulgões, moscas-brancas, tripses, ácaros, moscas minadoras, cochonilhas, lagartas e besouros (CARVALHO et al., 2009). Atenção especial deve ser dada aos tripses (Thysanoptera) por ocorrerem em todo o período de cultivo, especialmente, durante o florescimento, além de ser uma praga de difícil controle. Esses insetos são um dos grupos mais diversos do planeta, entretanto, sua diversidade e interação com o ambiente são minimamente estudados (ALVES-SILVA; DEL-CLARO, 2010; SARMIENTO, 2014).

A maioria das espécies de Thysanoptera associadas a roseiras pertencem à família Thripidae (PIZZOL et al., 2014), sendo as mais comuns: *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895), *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910), *Frankliniella insularis* (Franklin, 1908), *Frankliniella gemina* Bagnall, 1919, *Thrips palmi* Karny, 1925, *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché, 1833), *Caliothrips phaseoli* (Pergande, 1825) e *Selenothrips rubrocinctus* (Giard, 1901) (FUNDERBURK et al., 2008; FERNANDES, 2015; MASCARENHAS; SILVIA; SILVA JUNIOR, 2016). Assim, presume-se a relevância dos estudos sobre bioecologia e controle desses insetos nessas plantas ornamentais.

Com relação à *S. rubrocinctus*, uma espécie frequentemente encontrada nas folhas de roseiras, existem apenas relatos da sua ocorrência nessa Rosaceae no Brasil e, em geral, são poucas as informações encontradas na literatura científica referentes à interação desse trips com essa planta. Portanto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que visam conhecer sua dinâmica associada à roseiras (MASCARENHAS; SILVA; SILVA JUNIOR, 2016). São importantes os estudos sobre a biologia desse inseto, como desenvolvimento e ciclo reprodutivo, por meio de tabela de vida de fertilidade, os quais servirão como base para pesquisas sobre alternativas de controle, dentro de um programa de manejo.

A exigência dos consumidores de flores quanto à qualidade dos produtos comercializados consiste em um fator preponderante para a limitação do uso abusivo de produtos fitossanitários (PEREIRA; MELO; DIA, 2010). Aliado a isso, a crescente preocupação com as questões ambientais e saúde humana, demanda estratégias que visam uma produção limpa e sustentável. Dentro desta perspectiva, o controle biológico constitui-se em uma tática viável para a regulação populacional de pragas, com inúmeros casos de sucesso registrados na literatura (PAULA, 2017), incluindo a liberação massiva de inimigos naturais criados em laboratórios.

No Brasil, o 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 2010 (PARRA, 2011). Posteriormente, várias empresas começaram a produzir e comercializar inimigos naturais para o controle de pragas (PARRA, 2014), levando a um crescimento anual de 20%, incluindo macro e microrganismos (PARRA; COELHO, 2019), ao passo que, mundialmente, o controle biológico aumentativo tem crescido 10-15% (VAN LENTEREN et al., 2018).

Apesar do expressivo aumento do uso do controle biológico ao longo dos últimos anos, ainda enfrenta-se um grande desafio relacionado ao desenvolvimento de um modelo específico para regiões tropicais, alicerçado em critérios científicos sólidos e que respeitem as particularidades e diferenças em relação a outras partes do mundo (PARRA; DINIZ; COELHO, 2020). Assim, a produção e comercialização de agentes biológicos visando ao controle de pragas é assunto de grande atenção entre pesquisadores e empresas do ramo (SOUZA et al., 2019), que têm explorado e adaptado estratégias para uso em programas de controle biológico. Para tanto, necessitam-se de pesquisas que possam embasar o emprego de macrorganismos como agentes de controle de pragas, levando ao aumento no número de

espécies comercializadas, ao maior número de culturas beneficiadas e à continuidade desse crescimento bioindustrial.

Dentre os diversos agentes macrobiológicos que atuam na regulação populacional de artrópodes, encontram-se os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae). Algumas espécies desses neurópteros já são comercializadas, principalmente na Europa e Estados Unidos (PAPPAS; BROUFAS; KOVEOS, 2011; VAN LENTEREN et al., 2018), visando ao manejo de pragas em diversas culturas estabelecidas em ambientes protegidos. Esses predadores têm hábito generalista e alimentam-se de diversas espécies de artrópodes de pequeno porte e cutícula fina, como pulgões, cochonilhas, tripses, moscas-brancas, ovos e larvas de lepidópteros, ácaros e pequenas aranhas (FREITAS, 2002; BEZERRA et al., 2009; CARVALHO; SOUZA, 2009), assumindo importante papel no controle biológico na olericultura e outros cultivos de importância econômica (FREITAS, 2001).

Uma das espécies de crisopídeos mais estudadas no Brasil é *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e muitos estudos já comprovaram seu potencial como agente de controle de diversas pragas. Como exemplo, citam-se o tripses do amendoim *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thripidae), reduzindo sua população em 71 a 74% (RODRIGUES, 2010); o afídeo *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), com um controle de até 100% (BARBOSA et al., 2008) e o minador das folhas, *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae), com até 100% controle dos imaturos da praga (RIBEIRO et al., 2007). Os trabalhos supracitados, além de muitos outros, envolvendo o consumo e capacidade predatória de *C. externa* sobre diferentes presas, mostram o potencial efetivo desse predador como agente de controle de pragas.

Antes da implementação de um programa envolvendo o controle biológico, é essencial compreender aspectos relacionados à biologia das espécies envolvidas, tanto da praga-alvo como do agente biológico a ser utilizado. Conhecendo-se o histórico de sucesso de diversas espécies de *Chrysoperla* no controle de pragas agrícolas, e considerando-se o potencial de *C. externa* como agente de controle biológico, é relevante estudar esse predador com vistas ao controle de *S. rubrocinctus*, e verificar eventuais interferências da presa no potencial predatório desse inimigo natural.

Dessa forma, a pesquisa buscou testar as seguintes hipóteses: (i) o desenvolvimento de *S. rubrocinctus* é afetado pela cultivar de roseira; (ii) *S. rubrocinctus* tem potencial para atingir status de praga em roseiras; (iii) o predador *C. externa* tem potencial para controlar



as populações de *S. rubrocinctus* em cultivos de rosas; (iv) a resposta funcional de *C. externa* evidencia a capacidade predatória das larvas supridas com *S. rubrocinctus*.

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 de *C. externa* no controle de *S. rubrocinctus*, uma praga em potencial em cultivos de roseira. Tem-se como objetivo conhecer o desenvolvimento e ciclo biológico de *S. rubrocinctus* em roseira (*Rosa* sp.), e conhecer o efeito dessa presa na atividade predatória e resposta funcional de *C. externa*.

## REFERÊNCIAS

- AGROSTAT, B. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2018.
- ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Thrips in the Neotropics: what do we know so far? **Trends in Entomology**, v. 6, n. 1, p. 77–88, 2010.
- BARBOSA, L. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; AUAD, A. M. Eficiência de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)(Neuroptera: Chrysopidae) no controle de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em pimentão (*Capsicum annum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1113–1119, ago. 2008. doi: 10.1590/S1413-70542008000400012.
- BEZERRA, C. E. S.; NOGUEIRA, C. H. F.; SOMBRA, K. D. da S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; ARAUJO, E. L. de. Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae): aspectos biológicos, potencial de utilização e perspectivas futuras. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 1–5, 2009.
- BRAINER, M. S. C. P. **Quando nem tudo são flores, a floricultura pode ser uma alternativa**. Banco do Nordeste, 2018.
- CARVALHO, L. M.; BUENO, V.; SANTA-CECILIA, L. V. C.; SILVA, R. G.; REIS, P. R. Pragas na floricultura: identificação e controle. **Informe Agropecuário**, v. 30, p. 36–46, 2009.
- 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: Editora UFLA, 2009. p. 77–115.
- FERNANDES, W.C. **Tripes em roseiras: identificação, monitoramento e controle químico**. 2015. Universidade Federal do Ceará, 2015.
- FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: Funep, 2001.
- FREITAS, S. O Uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 209–219.
- FUNDERBURK, J.; DIFFIE, S.; SHARMA, J.; HODGES, A.; OSBORNE, L. 2008. Thrips of ornamentals in the Southeastern US. **EDIS**, 2008 v. 1, p - ENY-845. <https://journals.flvc.org/edis/article/view/117083>.
- IBRAFLOR - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Crescimento do setor em 2019**. Acesso em: 4 out. 2020.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. **Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais do Brasil: dimensões, características, tendências e perspectivas**. São Paulo: Hortica, 2015.
- MASCARENHAS, A. L. S.; SILVIA, M. J. P.; SILVA JUNIOR, J. C. Tisanopterofauna associada à plantas ornamentais e cultivadas no sudoeste baiano. **Entomologistas do Brasil**, v. 9, n. 1, p. 31–35, 29 abr. 2016. doi: 10.12741/ebrasilis.v9i1.536.
- PAPPAS, M.; BROUFAS, G.; KOVEOS, D. Chrysopid predators and their role in

- biological control. **Journal of Entomology**, v. 8, n. 3, p. 301–326, 2011.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420–429, out. 2014. doi: 10.1590/0103-9016-2014-0167.
- PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 5, 1 mar. 2019. doi: 10.1093/jisesa/iey112.
- PARRA, J. R. P. ; DINIZ, A.; COELHO, A. Controle biológico de pragas no Brasil. **Revista Cultivar**, v. 255, p. 30–24, 2020.
- 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.
- PAULA, F. F. DE. **Aspectos biológicos de *Planococcus citri* (Pseudococcidae) em roseira e compatibilidade dos predadores *Cryptolaemus montrouzieri* (Coccinellidae) e *Chrysoperla externa* (Chrysopidae) no controle dessa cochonilha**. 2017. Universidade Federal de Lavras, 2017.
- PEREIRA, C. M. M. de A.; MELO, M. R.; DIA, P. B. Características e atributos transacionais da produção de rosas na região de Barbacena-MG. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p. 177–184, 2010.
- PIZZOL, J.; NAMMOUR, D.; RABASSE, J. M.; PAROLIN, P.; DESNEUX, N.; PONCET, C.; REYNAUD, P. Species and population dynamics of thrips occurring inside and outside greenhouses cultivated with roses in southern France. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v.2, n.4, p. 141-153, 2014. <http://www.journalissues.org/journals-home.php?id=1>
- RIBEIRO, L. J.; FILHO, E. B.; MACEDO, L. P. M.; MAGRO, S. R. Predação da lagarta-minadora-dos-citros *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae) por larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 100–105, 2007.
- RIJSWICK, C. World Floriculture Map 2015. **Rabobank Industry**, Note 475, p. 1–4, 2015.
- RODRIGUES, C. A. **Eficiência de predação de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) sobre o tripses do amendoim *Enneothrips flavens* (Moulton, 1941) (Thysanoptera: Thripae)**. 2010. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.
- SARMIENTO, H. K. F. **Integrated pest management of western flower thrips**. 2014. Faculty of Science, Universiteit Utrecht, 2014.
- SEBRAE. SERVIÇO DE APOIO A PEQUENOS E MICROEMPREENDEDORES. **Flores e plantas ornamentais do Brasil: volume 2 - série estudos mercadológicos**. [s.l: s.n.]
- SOUZA, B.; SANTOS-CIVIDANES, T. M.; CIVIDANES, F. J.; SOUSA, A. L. V. Predatory Insects. In: **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems**.

Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 73–87.

VAN LENTEREN, J.; BOLCKMANS, K.; KÖHL, J.; RAVENSBERG, W.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **Bio Control**, v. 63, n. 1, p. 39–59, 18 fev. 2018. doi: 10.1007/s10526-017-9801-4.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

## **ARTIGO 1**

(Artigo apresentado conforme as normas da Revista Neotropical Entomology)

## **Ecology, Behavior and Bionomics**

### **Can *Selenothrips rubrocinctus* become a new pest in rose bush?**

JR dos Santos<sup>1</sup>, MN Morales<sup>1</sup>, MM Pec Hernandez<sup>2</sup>, B Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduation Program in Entomology, Escola de Ciências Agrárias de Lavras / Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

<sup>2</sup>Graduation Program in Acarology and Entomology, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

### **Correspondence**

JR dos Santos, Graduation Program in Entomology, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil; jailma.santos@estudante.ufla.br

## Abstract

The biological characteristics of the juvenile stage of the *Selenothrips rubrocinctus* (Giard, 1901) thrips were evaluated in two rose cultivars and the species life table was elaborated. Filter paper moistened with distilled water was the most suitable substrate for maintaining the turgor of leaflets of rose bushes for the tests, as showed in preliminary tests. The duration and viability of egg, nymph of 1st and 2nd instar, pre-pupa and pupa stages were evaluated in Avalanche and Príncipe Negro cultivars, 100 specimens per cultivar. Subsequently, the two-sex life table was elaborated, considering biological, demographic and reproductive parameters, starting with 100 immatures. A total of 73 adults were obtained (94.52% females). The average embryonic and pre-imaginal development time (egg - adult) was 11.16 and 21.03 days (d), respectively. The average longevity of adults was 9.45 d, and the complete biological cycle was 30.48 d. The average total fertility was 17 eggs per female. Of the total eggs produced, 70.5% were viable. The intrinsic rate of increase ( $r$ ), the finite rate of increase ( $\lambda$ ), the net reproductive rate ( $R_0$ ) and the mean generation time (T) were 0.094 (d<sup>-1</sup>); 1.10 (d<sup>-1</sup>); 11.73 (offspring/specimen); and 26.19 (d), respectively. The cultivars of rose bushes did not affect the biological characteristics of the pre-adult stage of the species. In addition, the high survival rate favored the population growth, with no change in biological aspects. These results show that the rose bush is a suitable host for the development of *S. rubrocinctus*.

**Keywords:** *Rosa* sp., thrips, biological aspects, juvenile stage, life cycle.



## Introduction

*Selenothrips rubrocinctus* (Giard, 1901) thrips (Thysanoptera: Thripidae) is a polyphagous species, of African origin, known as cocoa thrips or red-banded thrips. It has a worldwide distribution (Mascarenhas *et al* 2016) and is often associated with cacao (*Theobroma cacao* L.), cashew (*Anacardium occidentale* L.), mango (*Mangifera indica* L.), eucalyptus (*Eucalyptus* spp.) (Denmark *et al* 1996, Gallo *et al* 2002), lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) (Sánchez-Soto & Nakano 2004) and vine (*Vitis vinifera* L.) (Carvalho 2011). It has a wide occurrence in Brazil and, recently, it was found in plants of *Rosa chinensis* (Rosaceae), in the state of Bahia (Mascarenhas *et al* 2016).

Several species of thrips can occur in rose cultivations (*Rosa* sp.), whether in open or protected environments (Carvalho *et al* 2009), being one of the main pests of the culture. This is because these insects are present throughout the plant's phenological stages, especially during flowering, in addition to difficult control (Alves-Silva & Del-Claro 2010, Sarmiento 2014).

It is known that the development of *S. rubrocinctus* occurs by intermediate metamorphosis (remetabolism), characterized by the stages of egg, two nymph stages, prepupa, pupa and adult (Stancioli 2018). When in the nymph and adult stages, these insects cause considerable damage to their hosts by feeding on the cellular content of the foliage, inflorescences and fruits. However, they prefer younger leaves, which become chlorotic and, later, brown and distorted, and end up detaching from the stem. In addition, the thrips leave dark colored droplets and specks of excrement on the leaf surface, which depreciate the final product quality (Denmark & Wolfenbarger 2016). Population density and attack intensity increase during the dry season (Paiva 2010).

Despite the importance of *S. rubrocinctus* as a pest, this insect is still relatively little studied. Research that aims to know the biology, fertility life table and behavioral characteristics of a species are fundamental for understanding its population dynamics and gives basic knowledge for the correct use of pest control measures. Mound (2002) stated that attempts to understand the diversity of thrips are severely limited due to the lack of studies on the biology of species, and more research related to these organisms is required.

In this context, life tables are a condensed guide of essential information related to the life cycle of a species, providing a complete description that addresses information on survival, development, daily and total fertility, differentiation of stages and reproduction in a population (Chi 1988, Wittmeyer & Coudron 2001). Numerous researches have already been carried out using life tables for biological and population studies of several insect species (Silva 2018).

Thus, information is needed to provide an understanding of the life history of *S. rubrocinctus* and showing its potential to achieve pest status in rose cultivars. In this work, we tested the hypothesis that the development of *S. rubrocinctus* is affected by the rose cultivar in which it grows. For this, biological and behavioral characteristics of the juvenile stage of *S. rubrocinctus* were evaluated in two cultivars of rose bushes and the species life table was elaborated.

## **Material and Methods**

### **Experimental environment**

The experiments were conducted at the Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE) of the Department of Entomology (DEN)/Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL)/Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG), at  $25 \pm 1$  ° C, 70

± 10% RH and 12h photoperiod, with lighting from 9W LED lamps with 6.5000K color temperature.

### ***Selenothrips rubrocinctus* rearing**

The *S. rubrocinctus* population was established in roses grown in greenhouses of DEN/ESAL/UFLA from specimens naturally migrated from the countryside. Some specimens were collected for specific confirmation by specialist in the group's taxonomy before beginning the experimental works. Voucher specimens are deposited at CEUFLA – Coleção Entomológica da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil. Experimental rearing was maintained in rose bushes of the Avalanche and Príncipe Negro cultivars.

### **Screening of substrates for the maintenance of rose leaflets**

Initially, a bioassay was carried out to choose the most appropriate substrate for rose leaflets to maintain their turgor and ensure greater durability after being detached from the plant. It was considered necessary to carry out this pre-test since these leaflets, removed from plants of the cultivar Avalanche, would be used for laying eggs and feeding the thrips, therefore, they could not compromise the cycle of the insect.

Four substrates were tested: a) filter paper disc covering the bottom of a Petri dish (10 cm x 1 cm) and moistened with distilled water; b) piece of vegetable sponge surrounding the base of the leaflet and moistened with distilled water; c) potato dextrose agar (PDA) in a centrifugation microtube involving the base of the leaflet; and d) hydrogel in a centrifuge microtube involving the leaflet base (Supplementary material 1, Fig S1). A completely randomized experimental design (CRD) was used, with 20 replications. The conservation status of the leaflet was monitored over ten consecutive days, since this period corresponds to the average duration of the embryonic stage of *S. rubrocinctus* (Soesanthy *et al* 2012).

Quality states were attributed to the leaflets, considering: 1) turgid leaflets: those that remained green, that is, in the state close to that collected from the plant; 2) discolored leaflet: one that showed partial or total loss of green color (yellowish color); 3) dry leaflets: those whose condition varied from dry to brittle; and 4) fungal leaflets: the one with the beginning of fungal structures (Supplementary material 1, Fig S2).

The time until the leaflets used as substrate for the development of thrips stop having the turgid state were subjected to survival analysis (Survival Model in Statistic) using log-logistic model estimators, and the turgor curves for each substrate were compared using contrast ( $p < 0.05$ ). Free software "R" statistics (R Core Team 2020), was used for the analyzes. In this evaluation, only the turgid and discolored leaves were used because the others were not suitable for insects rearing.

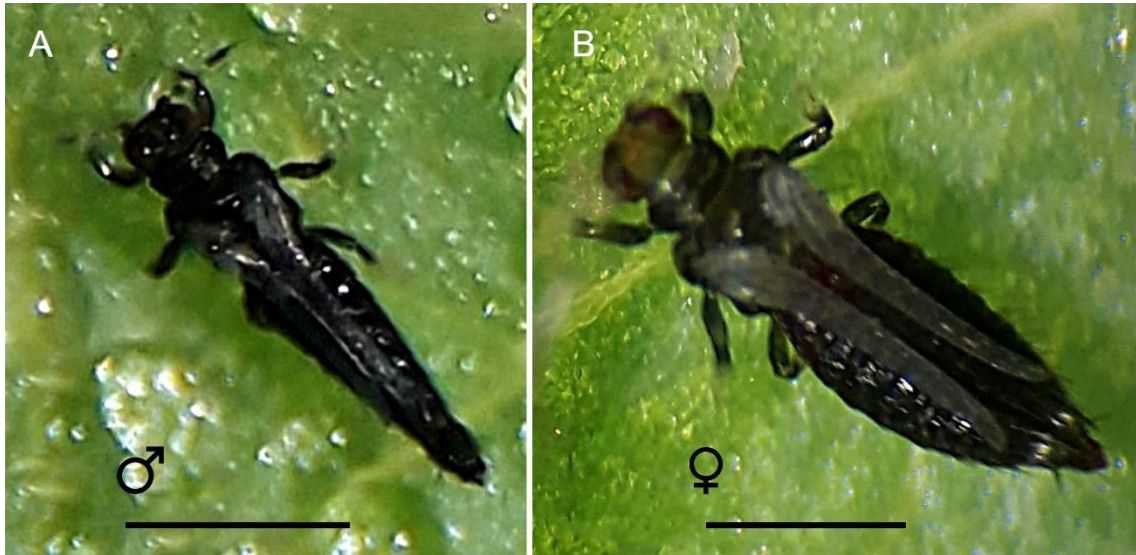
### **Development of *Selenothrips rubrocinctus* in Avalanche and Príncipe Negro rose bushes cultivars**

This experiment verified whether the rose cultivar used as host for *S. rubrocinctus* affects the development of its immature stages. A completely randomized design (CRD) was used, consisting of two treatments: T1 = Avalanche cultivar; T2 = Black Prince cultivar; with 20 repetitions consisting of five replicates, totaling 100 specimens per treatment. The evaluated variables were the duration and viability of the egg, nymph of 1st and 2nd instar, pre-pupa and pupa stages.

Twenty adult females of *S. rubrocinctus* (the females are larger and have a more robust abdomen when compared to the males) (Fig 1) were collected from each of the rose cultivar, Avalanche and Príncipe Negro. These females were individualized in Petri dishes (5 x 1 cm) containing a leaflet of approximately 4.5 x 3.0 cm, taken from the middle and upper thirds of the respective cultivars, and supported on a wet filter paper disc (50 mm). To

avoid possible contamination by microorganisms, the leaflets were washed with sodium hypochlorite (0.5%) and distilled water before being used in the experiment.

**Fig 1** Male and female of *Selenothrips rubrocinctus*. Scale bar = 0.5 mm.



The females were removed from the laying substrates after 24 hours to evaluate the duration of the embryonic stage from the eggs laid during this period (Fig 2A). The first five nymphs hatched on each substrate were individualized in Petri dishes (5 x 1 cm) and kept in the same conditions as the parent females. These insects were used as replicates of each repetition to monitor the post-embryonic development and evaluate the duration and viability of the 1st and 2nd nymphal instars and the pre-pupa and pupa stages. In addition to the exuviae, the following characteristics were observed to define the transition of the instars and stages: 1st instar to 2nd instar – distinct red color in the first two uromers (in the 1st instar the color of the 2nd uromer is not so marked); 2nd instar to pre-pupa – forward-facing antennae and developed wings; pre-pupa to pupa - backward-facing antennae (Figs 2B – E); and pupa to adult – black color. The immatures were inspected daily until the emergence of adults, obtaining the duration of the juvenile stage of *S. rubrocinctus*.

**Fig 2** Developmental stages of *Selenothrips rubrocinctus*. Egg (A), nymph of first instar (B), nymph of second instar (C), prepupa (D), pupa (E). Scale bar = 0.5 mm.



The data obtained for each biological parameter were subjected to analysis of variance (ANOVA) and their assumptions were verified using the Shapiro-Wilk and Bartlett tests ( $p \geq 0.05$ ) to ascertain normality and homogeneity, respectively. The t-Student test ( $p < 0.05$ ) was performed to assess the effect of treatments. The analyzes were performed with “R” statistical software (R Core Team 2020).

#### **Life table of *Selenothrips rubrocinctus* in rose bush**

Life table method was used to understand the development of the *S. rubrocinctus* on Avalanche cultivar, one of the most cultivated in Brazil, and knowing the potential of this thrips to reach the pest status in rose bushes. Initially, 100 adult females were collected from

the rearing conducted in this cultivar and transferred to leaflets fit into Petri dishes (15 x 1.5 cm). The leaflets were taken from the middle and upper thirds of plants and placed on two filter paper discs (150 mm) overlapped and moistened with distilled water. To avoid possible contamination by microorganisms, the plant material was washed with sodium hypochlorite (0.5%) and distilled water before being used in the rearing. After 24 hours, the females were removed from the respective laying substrates, containing the generation F0 eggs from the laboratory. The evaluation of the embryonic period was performed daily by monitoring the oviposition substrates until the hatching of the nymphs.

The first nymph hatched in each laying substrate was individualized in a Petri dish (5.0 x 1.0 cm) containing rose leaflets as a feeding substrate, thus accompanying the development of 100 immatures. The leaflets were replaced with new ones every 72 hours, or earlier, in cases where they showed any irregularity regarding color and/or turgidity.

The development of the nymphs was assessed daily until the adults were obtained, evaluating the viability and duration of the 1st and 2nd instars, complete nymphal stage, prepupa, pupa and complete pupal period. The sex of newly emerged adults was identified and they were kept individualized, with no need for pairing due to thelytokous type parthenogenesis.

The sex ratio was calculated and the daily number of eggs produced was evaluated, as well as their viability, by counting the hatched nymphs. For this, the females were supplied with rose leaflets for laying and feeding, which were replaced with new ones every 24 hours. Those containing the postures of *S. rubrocinctus* were individualized in Petri dishes (5 x 1 cm) duly identified to assess the viability of the eggs. Longevity was assessed as the period between the last pupal ecdysis and the death of adults.

The life history data were analyzed according to the two-sex life table (*Age-stage, Two sex, life table*) (Chi & Liu 1985, Chi 1988). This methodology uses the raw data

obtained for the different stages of development of the species, as well as sexual information, analyzing them using the TWOSEX-MSChart software (Chi 2020) for the Windows operating system, available at <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm> (Chung Hsing University, Taichung, Taiwan). Based on data on mortality, longevity and fertility, the program estimates biological and demographic parameters that allow obtaining information regarding the population or colony of specimens.

Regarding reproductive parameters, the following were estimated: **a)** total fertility (eggs/female); **b)** maximum daily fertility (eggs/female/day); **c)** maximum fertility of the lifespan (eggs/female); **d)** oviposition period (days); **e)** pre-oviposition period (APOP, from the emergence of adults to their first oviposition); **f)** total pre-oviposition period (TPOP, from hatching from the egg to the first oviposition); **g)** post-oviposition period (POP, from the first day the female ceases oviposition until death), and **h)** viability of the eggs (Supplementary material 1, Table S1).

The biological parameters taken into account were: **a)** Age-stage specific survival rate ( $S_{xj}$ ) ( $x$  = age in days,  $j$  = stage); **b)** Age-specific survival rate ( $l_x$ ) (CHI; LIU, 1985; CHI, 1988); **c)** Age-stage specific mortality rate ( $p_{xj}$ ); **d)** Female age-stage fertility ( $f_{x0}$ ) (Chang *et al* 2016); **e)** Age-specific fertility ( $m_x$ ) (Chi & Liu 1985, Chi 1988); **f)** Age-specific maternity ( $l_x m_x$ ); **g)** age-stage specific fertility ( $f_{xj}$ ); **h)** Age-stage life expectancy ( $e_{xj}$ ) (Chi & Su 2006); and **i)** Age-stage reproductive value ( $v_{xj}$ ) (Fisher 1930, Huang & Chi 2011, Tuan *et al* 2014a, 2014b). Additionally, demographic parameters were considered: **a)** net reproductive rate ( $R_0$ ); **b)** intrinsic rate of increase ( $r$ ) (Goodman 1982, Carey 1993, Burden & Faires, 2011); **c)** finite rate of increase ( $\lambda$ ) (Krebs 1972; Chi & Liu 1985, Chi 1988); and **d)** mean generation time ( $T$ ) (Chi & Liu 1985, Pressat 1985; Chi 1988) (described in Supplementary Material 2).

Means and standard errors for population parameters were estimated using the Bootstrap method with 100,000 bootstrap resampling (Efron & Tibshirani 1993, Akkopru *et*



*al* 2015; Chang *et al* 2016). These analyzes were also performed using the TWOSEX-MSChart software (Chi 2020).

### **Graphic program**

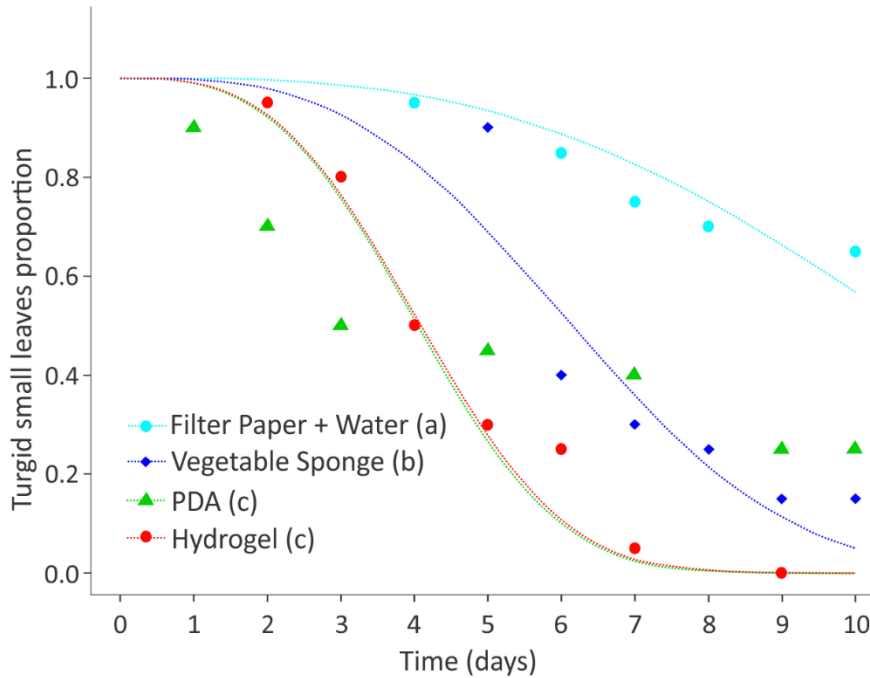
All graphics were generated by the R software and then edited.

## **Results**

### **Screening of substrates for the maintenance of rose leaflets**

From the results obtained in the screening of substrates for the thrips rearing, it was found that the filter paper moistened with distilled water was the most suitable and economical for the preservation of leaflets of roses, as it provides turgidity for 65% of them ( $\chi^2 = 29,33$ , d. f. = 3,  $p < 0,001$ ). The other 35% of the leaflets were discolored at the end of the ten days of evaluation. The vegetable sponge caused yellowing of the leaflets to start from the 5th day (75%) and, at the end of the ten days, the discolored ones reached 85%, with 5% with fungus and only 20% turgid. The potato dextrose agar medium (PDA) and the hydrogel were unsuitable for the maintenance of the leaflets for experiments with the thrips. The PDA caused discoloration on the first day and, at the end of the study period, only 25% of them were turgid, 15% were discolored and 60% of the leaflets were dry. On the 9th day of evaluation, 100% of discolored leaflets were counted in the hydrogel, and on the 10th day there were 70% of dry leaves (Fig 3).

**Fig 3** Conservation status of rose leaflets cultivar Avalanche, based on the proportion of discoloration caused over ten days of evaluation. Each color represents a treatment. Values followed by the same letter have no significant difference by the contrast test ( $p < 0.05$ ).



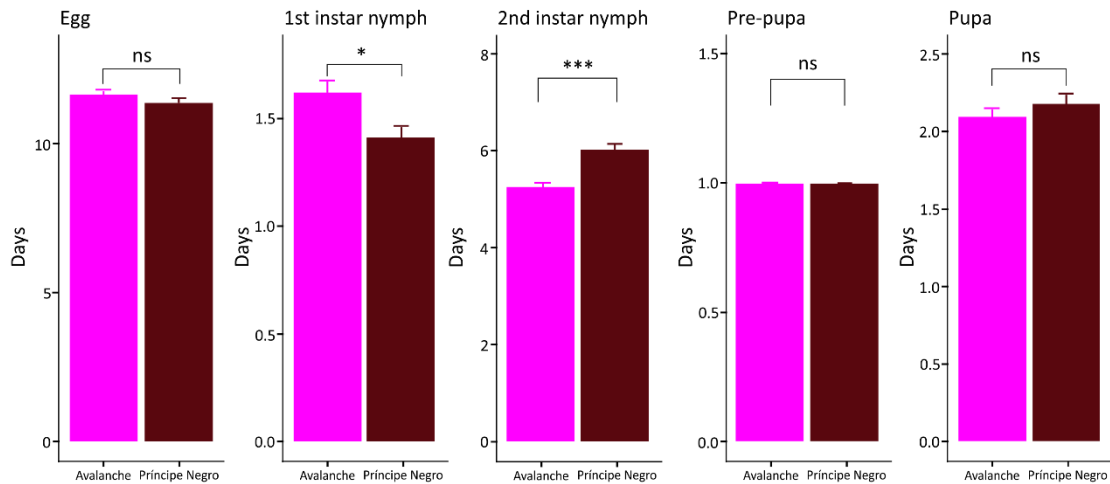
● Filter paper disc covering the bottom of a Petri dish (10 cm x 1 cm) and moistened with distilled water; 
 ◆ Piece of vegetable sponge moistened with distilled water surrounding the base of the leaflet; 
 ▲ Potato dextrose agar medium in a centrifuge microtube and involving the base of the leaflet; and 
 ● Hydrogel in a centrifuge microtube and involving the base of the leaflet.

### Development of *Selenothrips rubrocinctus* in Avalanche and Príncipe Negro rose bushes cultivars

Both rose cultivars did not cause significant differences in the duration of egg ( $t = 1.478$ ,  $DF = 38$ ,  $p = 0.1477$ ), pre-pupa ( $t = NA$ ,  $DF = 38$ ,  $p = 0.3236$ ) and pupa ( $t = -0.96771$ ,  $DF = 38$ ,  $p = 0.3393$ ) stages of *S. rubrocinctus*. However, there was a difference in the duration of the 1st ( $t = 2.6261$ ,  $DF = 38$ ,  $p = 0.01238$ ) and 2nd instar ( $t = -4.9752$ ,  $DF = 38$ ,

$p = 0.000014$ ), according to host cultivar. A longer duration of the 1st instar and a shorter duration of the 2nd instar was observed when cultivar Avalanche was compared to Príncipe Negro (Fig 4).

**Fig 4** Development of juvenile stages of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the cultivars Avalanche and Príncipe Negro.

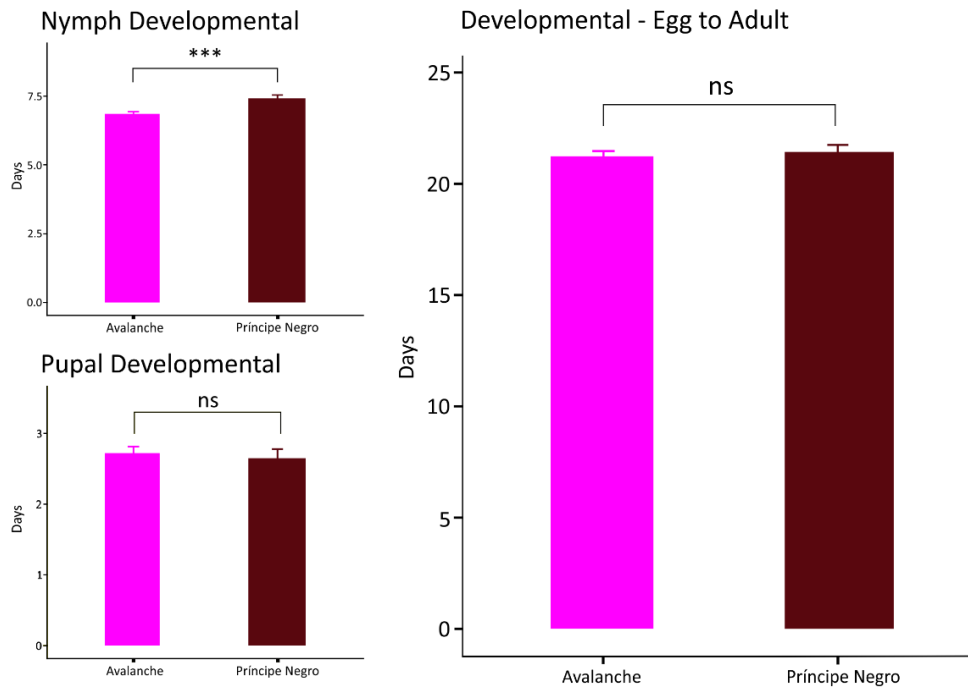


The average embryonic period was  $11.65 \pm 0.14$  days (d) in the cultivar Avalanche and  $11.34 \pm 0.15$  days in Príncipe Negro. The average duration of the 1st instar, 2nd instar, pre-pupa and pupa stages was, respectively,  $1.62 \pm 0.06$  and  $1.41 \pm 0.06$ ;  $5.25 \pm 0.09$  and  $6.02 \pm 0.13$  for the cultivar Avalanche;  $1.00 \pm 0.00$  and  $1.00 \pm 0.00$ ;  $2.09 \pm 0.05$  and  $2.18 \pm 0.07$  days for Príncipe Negro (Fig 4).

When the duration of the nymphal stage (1st and 2nd instars) was analyzed, there was a significant difference ( $t = -4.4113$ ,  $DF = 38$ ,  $p = 0.00008$ ) depending on the cultivar, with averages of  $6.87 \pm 0.07$  days for Avalanche and  $7.43 \pm 0.11$  days for Príncipe Negro. However, the food source did not interfere ( $t = 0.42431$ ,  $DF = 38$ ,  $p = 0.6737$ ) in the pupal stage, which had a duration of  $2.72 \pm 0.10$  and  $2.65 \pm 0.13$  days for Avalanche and Príncipe Negro. Although the cultivar affected the duration of the nymph stage, when the complete development from egg to adult was analyzed, no significant difference was observed ( $t = -$

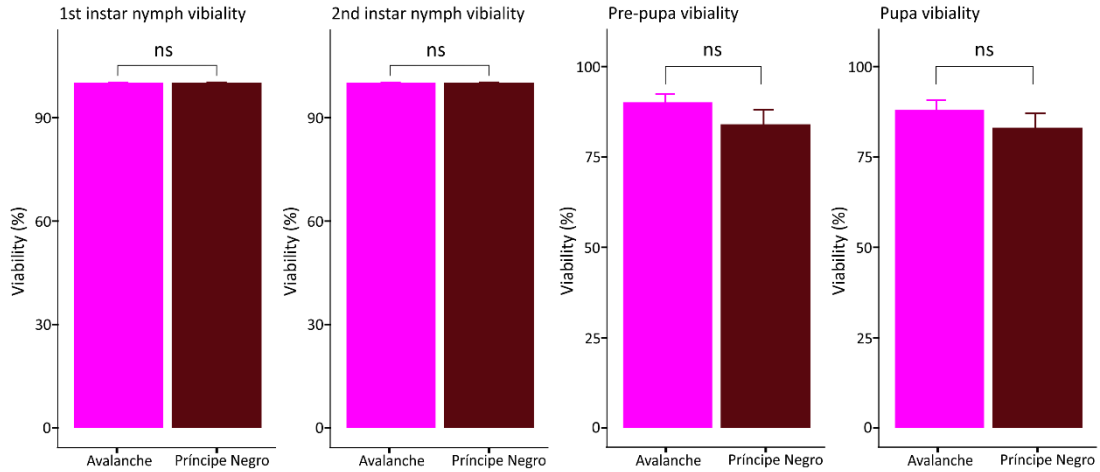
0.50457, DF = 38,  $p = 0.6168$ ), obtaining averages of  $21.24 \pm 0.20$  and  $21.42 \pm 0.29$  days for Avalanche and Príncipe Negro, respectively (Fig 5).

**Fig 5** Development of the nymphal and pupal stages and the egg-adult period of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the cultivars Avalanche and Príncipe Negro.



The viability of the instars and the pre-pupa and pupa stages of *S. rubrocinctus* was not significantly affected by the cultivar, being 100% for the 1st and 2nd instars (GLM, binomial error distribution, LR Chisq = 0, DF = 1,  $p = 1.0000$ ), 90% and 84% (GLM, binomial error distribution, LR Chisq = 1.6041, DF = 1,  $p = 0.2053$ ) for the pre-pupal stage, and 88% and 83% (GLM, binomial distribution, LR Chisq = 1.0126, DF = 1,  $p = 0.3143$ ) for the pupal stage, when associated with the cultivars Avalanche and Príncipe Negro, respectively (Fig 6).

**Fig 6** Viability of the juvenile stages of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the cultivars Avalanche and Príncipe Negro.



### Life table of *Selenothrips rubrocinctus* in rose bush

From 100 nymphs, 73 adults were obtained (4 males and 69 females), with a sex ratio of 1: 17.25 (♂:♀). The occurrence of thelytokous parthenogenesis was observed, verified by the eggs laid by females kept isolated from males, as well as by the presence of only females from the subsequent generation.

Thus, the analysis of the two-sex life table and the characterization of the periods of pre-oviposition, oviposition, post-oviposition, fertility and viability of *S. rubrocinctus* were performed considering parthenogenetic reproduction, without evaluating couples, which, in any case, would be unfeasible due to the low percentage of emerged males (2.92%). For males, only longevity was evaluated.

The embryonic period had an average duration of 11.16 days, ranging from 10 to 13 days. The average duration of the 1st instar, 2nd instar, pre-pupa and pupa stages was 1.51; 5.22; 1.00; and 2.05 days, respectively. The average time for pre-imaginal development (egg - adult) was 21.03 days. The average longevity of adults was 9.45 days, being 9.23 days for females and 13.25 days for males. The complete biological cycle, considering only the

specimens that reached the adult stage, lasted an average of 30.48 days, varying from 15 to 40 days (Table 1).

**Table 1** Developmental time and adult longevity (days) of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.

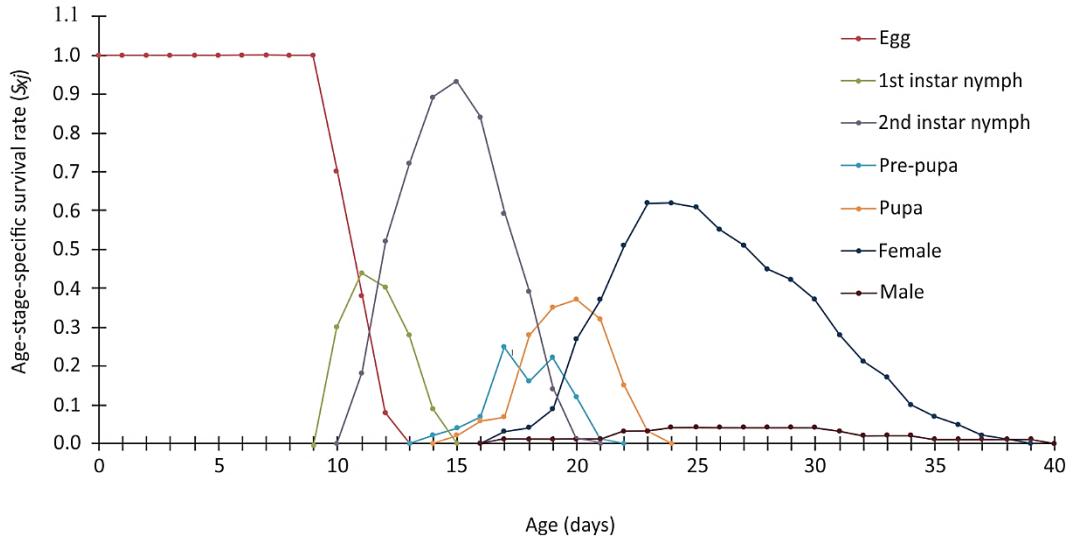
Parameter	Stage	N	Mean $\pm$ SE	Range
Developmental time (days)	Egg	100	11.16 $\pm$ 0.10	10-13
	1st instar nymph	100	1.51 $\pm$ 0.05	1-3
	2nd instar nymph	88	5.22 $\pm$ 0.11	2-8
	Pre-pupa	85	1.00 $\pm$ 0.00	1
	Pupa	73	2.04 $\pm$ 0.05	1-3
	Preadult	73	21.03 $\pm$ 0.20	17-24
Adult longevity (days)	Male	4	13.25 $\pm$ 2.06	8-18
	Female	69	9.23 $\pm$ 0.46	1-17
	Adult	73	9.45 $\pm$ 0.46	1-18
Life cycle (days)*	Egg – Adult	73	30.48 $\pm$ 0.51	15-40

N = Number of observations; SE = Standard Error.

\*Total life cycle mean duration was calculated taking into account only specimens that reached the adult stage.

The age-stage specific survival rate ( $S_{xj}$ ) is represented in figure 7. The survival of eggs was 100%, of which 73% reached the adult stage. The highest survival rate of nymphs from the 1st instar was verified on the 11th day of the cycle, with 44% of hatched nymphs, and a rapid transition to the 2nd instar. In this instar, the peak of survival occurred on the 15th day of the life cycle, when 93% of the nymphs were in this stage of development. The pre-pupa stage reached the highest survival rate on the 17th day of the life cycle, and the pupa stage on the 20th day. Adults started to emerge from the 17th day, with most of them emerging on the 24th day. The highest female survival rate occurred between the 23rd and 25th days, ranging from 61 to 62%, and that of the males stabilized between the 24th and 30th days.

**Fig 7** Age-stage-specific survival rate ( $S_{xj}$ ) of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.



There was no mortality ( $p_{xj}$ ) in the embryonic stage or in the 1st instar. The highest number of dead insects was observed in the 2nd instar and in the pupal stage, reaching 12% for each stage. In the pre-pupa stage, mortality was 3%. The number of females killed per day varied over the life period, with the highest mortality seen at 30 days, when it corresponded to 9%. On the other hand, male mortality remained uniform throughout adult stage.

Regarding the reproductive parameters of *S. rubrocinctus*, there was an average total fertility of 17 eggs per female, when considering all the females studied. However, disregarding those that did not produce eggs, this average is increased to 18.05%. The highest daily and total production per female was 13 and 40 eggs, respectively, both recorded for one of the females. of the total eggs produced, 70.5% were viable.

The average oviposition period was 6.34 days, while the average adult female pre-oviposition period (APOP) was 1.63 days, and the average total pre-oviposition period (TPOP) was 22.60 days. At the end of the reproductive period, there is usually a post-

oviposition period (POP), which ends with the death of the female, and whose average was 1.35 days (Table 2).

**Table 2** Reproductive parameters of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.

<b>Paramter</b>	<b>N</b>	<b>Mean <math>\pm</math> SE</b>	<b>Range</b>
Fecundity (eggs/female) total	69	$17.00 \pm 1.29$	0-40
Fecundity (eggs/female)*	65	$18.05 \pm 1.26$	1-40
Maximum daily fecundity (eggs/female)		13	
Maximum total fecundity (eggs/female)		40	
Mean eggs viability %	65	$70.50 \pm 19.71$	0-100
Ovipositions (days)	65	$6.34 \pm 0.40$	1-13
APOP (days)	65	$1.63 \pm 0.09$	1-3
TPOP (days)	65	$22.60 \pm 0.23$	18-26
POP (days)	65	$1.35 \pm 0.07$	0-3

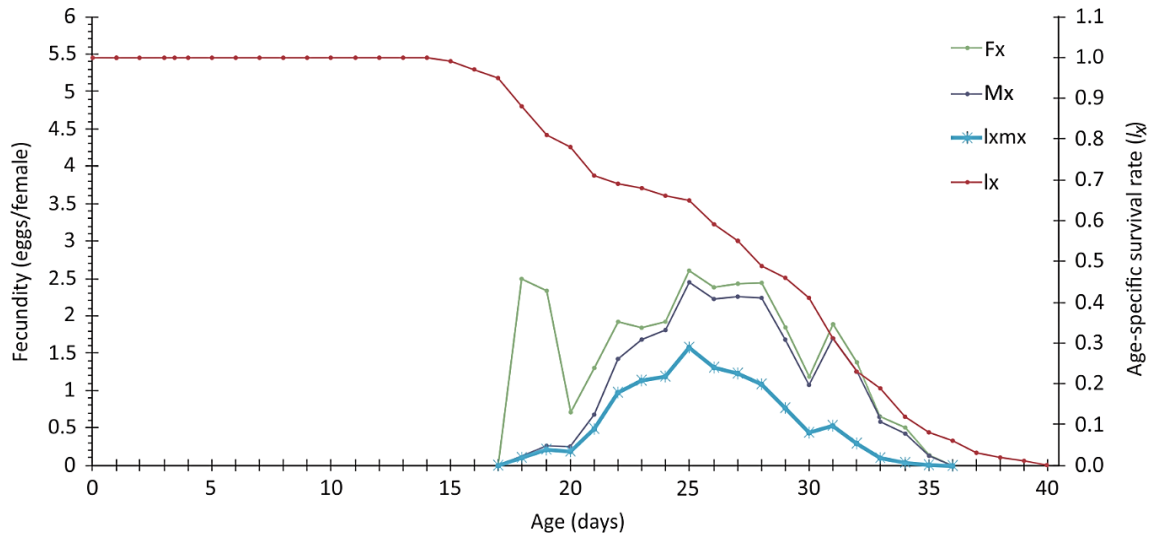
\*Among the 69 females, four did not produce offspring.

N = Number of observations; SE = Standard Error; APOP: Adult preoviposition period (from female emergence to its first oviposition); TPOP: Total preoviposition period (from larval hatching to its first oviposition); POP: postoviposition period.

The average daily number of eggs produced per individual reflects age-stage specific fertility ( $f_{xj}$ ), since only females can produce offspring. The first oviposition occurred on the 18th day of the cycle, with an average of 2.5 eggs per female ( $f_x$ ). The peak of egg production was verified on the 25th day, with a total of 169 eggs, which is equivalent to an average of 2.6 eggs per female. The last oviposition event occurred on the 35th day, with 0.14 eggs per female. The highest production of eggs by age ( $m_x$ ) occurred on the 28th day, with a rate of 2.44 eggs per female, while age-specific maternity ( $l_{mx}$ ) was verified on the 25th day, with a rate of 1.59 in relation to the average number of offspring at their age. The age-specific survival rate ( $l_x$ ) of the oldest female corresponded to the 39th day, that died three days after the last oviposition (Fig 8).



**Fig 8** Age-specific survival rate ( $l_x$ ), age-stage fertility ( $f_{x0}$ ), age-specific fertility ( $m_x$ ) and age-specific maternity ( $l_x m_x$ ) of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.



The values presented in Table 3 indicate the trajectory to be followed by the studied population or cohort. This makes it possible to estimate the direction that a specific population will take when exposed to certain external conditions (competition, biotic factors, etc.) and internal (survival rate, life expectancy, fertility, etc.). Both the intrinsic rate of increase ( $r$ ) and the finite rate of increase ( $\lambda$ ) provided estimates of increase in the population of *S. rubrocinctus* studied, since  $r$  is greater than 0 ( $0.094 \text{ d}^{-1}$ ) and  $\lambda$  is greater than 1 ( $1.10 \text{ d}^{-1}$ ). In addition, the net reproductive rate ( $R_0$ ) indicated that each individual in the initial population will contribute an average of 11.73 offspring/specimen, since the total egg production over the experimental period was 1181, and the initial total number of individuals was 100. Analyzing the mean generation time ( $T$ ), we estimate that the time required for the current cohort to give rise to a new generation is 26.19 days.

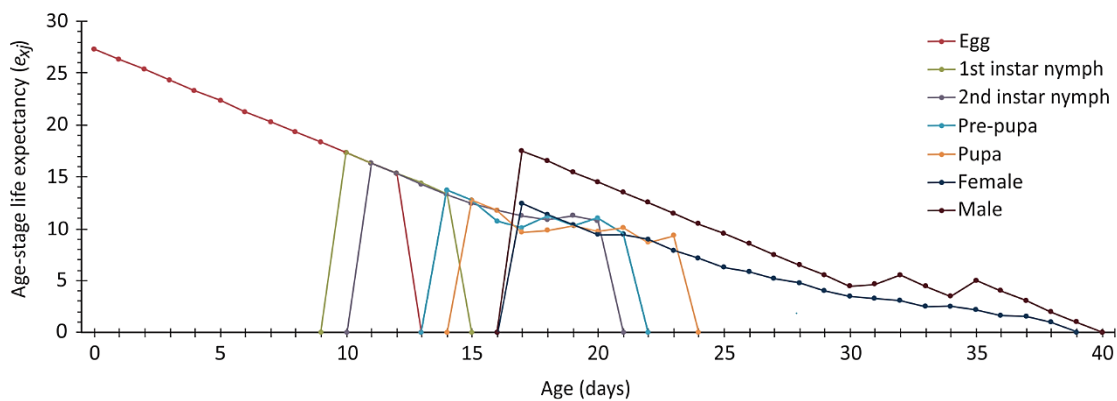
**Table 3** Population parameters of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.

<b>Population parameters</b>	<b>Mean <math>\pm</math> SE</b>
Intrinsic rate of increase, $r$ ( $\text{days}^{-1}$ )	$0.094 \pm 0.004$
Finite rate of increase, $\lambda$ ( $\text{days}^{-1}$ )	$1.10 \pm 0.004$
Net reproductive rate, $R_0$ (offspring/individual)	$11.73 \pm 1.184$
Mean generation time, $T$ (days)	$26.19 \pm 0.353$

SE = Standard Error.

The age-stage life expectancy ( $e_{xj}$ ) of a newly hatched *S. rubrocinctus* nymph corresponded to the average longevity value of the population of 17.31 days, an event that occurred on the 10th day of the life cycle, with higher life expectancy when compared to the other juvenile stages. In adult stages, the first day of emergence (17th day) for females corresponded to their longest life expectancy (12.39 days), as well as for males (17.50 days) (Fig 9).

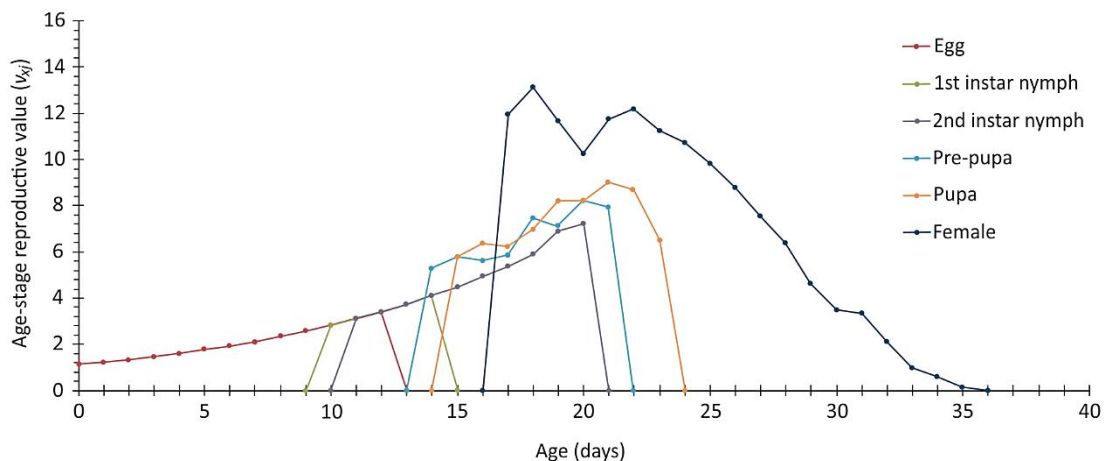
**Fig 9** Age-stage life expectancy ( $e_{xj}$ ) of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.



The age-stage reproductive value is the contribution of a specimen (at age  $x$  and stage  $j$ ) to the future population. For a newborn ( $v_{xj}$ ), the reproductive value is greater when compared to the finite rate of increase ( $\lambda$ ) (Table 3), however, it tends to fall as it develops. In the case of females, the curve began with the emergence of the first specimen on the 17th

day of the cycle, with significant peaks throughout adult stage. As females age and egg production decreases, reproductive value also decreases, reaching zero when reproduction ceases, which occurred on the 36th day of the cycle (one day after the last oviposition). The events with the highest reproductive value were between the 17th and 24th day of the cycle, with a peak on the 18th day (13.1). The curves that represent the pre-adult stages indicate the probability that those specimens are female and increase the reproductive value of the future population (Fig 10).

**Fig 10** Age-stage reproductive value ( $v_{xj}$ ) of *Selenothrips rubrocinctus* fed on rose leaflets from the Avalanche cultivar, reared at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, and 12h photoperiod.



## Discussion

In general, the cultivars Avalanche and Príncipe Negro, used as feeding substrates for *S. rubrocinctus*, proved to be satisfactory for the development of the insect, providing a regular population increase when infested.

The average embryonic period of thrips for both cultivars is similar to that verified by Peña (2008), who found a duration between 12 and 18 days, and by Soesanthy *et al* (2012), who verified an average of 11.26 days, when studying the biology of *S. rubrocinctus* in *Jatropha curcas* L. (physic nut). For the other juvenile stages, the results were similar to

those of Soesanthy *et al* (2012), Brown & Chin (2013), Denmark & Wolfenbarger (2016) and Peña (2008), in which nymph stages (1st and 2nd instars) of *S. rubrocinctus* had between 6 and 10 days, and the pupal stage (pre-pupa and pupa) from 3 to 6 days. In these studies, the species was fed on *J. curcas* L. and on fruit trees.

The statistical difference verified for the duration of the 1st and 2nd instars of *S. rubrocinctus* as a function of the host cultivar may be due to the physical and/or chemical characteristics of the leaves of each of them. The Príncipe Negro cultivar has thicker and harder leaves, which may have disadvantaged the nymphs of the first instar compared to those fed in the Avalanche cultivar, accelerating the development process. In the first instar the nymphs have delicate and fragile mouthparts and, therefore, sensitive to a more resistant plant tissue. The leaflets of the Avalanche cultivar, being comparatively more tender, may have facilitated the feeding by nymphs of the first instar and promoted a slightly more prolonged development in relation to those fed on Príncipe Negro.

In the second instar, when the mouthpieces are more resistant, an inverse response was observed, that is, nymphs that fed on the cultivar Príncipe Negro developed more slowly than those that fed on the Avalanche, possibly due to the lack of nutritional reserves of the 1st instar. From these results, it can be inferred that, despite providing greater resistance to the feeding of nymphs, the cultivar Príncipe Negro has attributes that guarantee a better developmental response to the second instar nymphs of *S. rubrocinctus* in relation to Avalanche.

It is known that the development time of the young stage of *S. rubrocinctus* varies from 18 to 34 days (Peña 2008, Soesanthy *et al* 2012, Brown & Chin 2013, Denmark & Wolfenbarger 2016). In addition, the characteristics of the host plant can directly interfere in the development of phytophagous insects. In roses, the pre-imaginal stages of *S. rubrocinctus* varied from 17 to 24 days. According to Woin *et al* (1995), in a survey

conducted in the Republic of Cameroon, the average time of development of this thrips specie in cacao was 28.7 days, in mango trees it was 26.0 days and in guava trees 26.4 days. Soesanthy *et al* (2012), when studying the duration of the immature stage of the insect in physic nut, found an interval of 18 to 25 days.

The results showed that both rose cultivars are favorable to the pre-imaginal development and survival of *S. rubrocinctus*, not significantly interfering with the biological parameters of the species. It is evident that, regardless of the cultivar, the rose bush is a potential host for thrips. Thus, the tested hypothesis was rejected because the development of *S. rubrocinctus* was not affected by the rose cultivar to which it is associated.

The study of the life table, using only the Avalanche cultivar, provided more detailed information about the biology of *S. rubrocinctus*, allowing to report some behaviors of the specimens. Although females of *S. rubrocinctus* can deposit their eggs at random, a higher concentration of laying was observed at the apical end of the leaf's abaxial surface. The thrips are active in the nymphal stage and, when feeding, scrape the epidermal leaf cells, damaging the host. In the pupal stage, they have little agility, but move well when threatened. In the period prior to adulthood, specimens prefer to remain on the abaxial surface of the leaves, usually close to the central rib, protecting themselves from light. Faced with a threatening situation, they excrete a dark, sticky secretion from the abdominal end, leaving the leaves stained, which can interfere with the photosynthesis process. This same behavior had already been reported for *S. rubrocinctus* by Soesanthy *et al* (2012). The knowledge of the behavioral characteristics in relation to the host, especially the sites preferred by the juveniles, is important to the extent that it can assist in population estimates of the species, contributing to the control strategies.

The periods of greatest vulnerability throughout the immature development of *S. rubrocinctus* corresponded to the 2nd instar and the pupal stage, when there was greater

mortality, however, the observed mortality rate did not affect the population stability. The overlapping stages of thrips development (Fig 7) show variations in survival rates among specimens, whose population does not grow uniformly. This information assumes even greater relevance when considering the taking of measures for its control, since the overlap between the development stages makes it difficult to predict the most appropriate moment for its control. The knowledge of this biological characteristic demonstrates the need for methodological adjustments for its monitoring and complementary studies on the most appropriate management measures.

In the reproductive stage, it was observed that the females of *S. rubrocinctus* go through a period of pre-oviposition, which is the time required for the maturation of the eggs and initiate of the laying (Soesanthy *et al* 2012). Although the number of offspring/females was relatively low, the viability of the eggs was high, which provided for the maintenance of the breeding and contributed to the increase of the population in the laboratory.

Through the results obtained for the population parameters of the species, it was found that the estimated time needed for a new generation is less than one month (26.19 days), which was due to its short life cycle (egg-adult). Based on this estimate, an average occurrence of 13 generations per year can be expected, which would result in the production of 152 new descendants per specimen. These inferences translate into continuous generations, which can be overlapped in field conditions, which is in line with the results presented by Reitz (2009). Such speculations are still strengthened by the fact that the rose bush is a perennial plant, of shrub size, with pinnate leaves composed of 5 to 7 leaflets (Lorenzi & Souza 2008). These characteristics provide a favorable environment for the thrips to remain, as they guarantee food and substrate for laying, especially when the plants are grown in greenhouses, where environmental factors are more stable. It should be noted that

*S. rubrocinctus* feeds, preferably, on plant cells of the leaf tissue, in relation to fruits and inflorescences (Paiva 2010).

As already reported, there are few studies addressing the biological cycle of *S. rubrocinctus*. The work carried out by Soesanthy *et al* (2012), about the biology of this species in physic nut, contributed with several information related to the time of development, survival and reproductive characteristics, which were corroborated by the results obtained in this work.

Studies about the biology and life history of *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae), associated with rose cultivation, emphasize the importance of the biological characteristics of a species to understand its population dynamics. This information is essential for the development of efficient pest management and control strategies (Nondillo *et al* 2009, Reitz 2009).

It is concluded, therefore, that the biological parameters obtained from the life table, with the addition of reproductive and population data, which until then had not been studied, favored a better understanding of the biology of *S. rubrocinctus* in rose bushes. The 2nd instar and pupal stage were the most critical in the biological cycle of *S. rubrocinctus*, presenting the highest mortality rates, however, without compromising the population increase.

The rose bush showed to be a favorable host for *S. rubrocinctus* development and reproduction, promoting a relatively fast life cycle, revealing a great potential of the species to reach the pest status and cause economic damage to the crop.

#### **Authors' contributions**

All authors contributed to the conception and design of the study. Preparation of material, creation of insects and cultivation of rose bushes, data collection, entry of the first version

and final manuscript formatting were carried out by Jailma Rodrigues dos Santos. Guidance, tabulation and statistical analysis of the data, interpretation and correction of previous versions of the manuscript were carried out by Mírian Nunes Morales and Marvin Mateo Pec Hernandez. Guidance on conducting experiments and correcting previous versions of the article by Brígida Souza. All authors read and approved the final manuscript.

### **Acknowledgments**

This manuscript was written as part of the master's dissertation conducted by JRS, who received a scholarship from the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), Brazil; MNM was supported by CAPES (proc. PNPD 20131282). We thank the Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE) for providing the infrastructure to conduct the experiments. We really thank Prof. Dr. Élisson Fabrício B. Lima from the Universidade Federal do Piauí, PI, Brazil, for having confirmed the specific identity of *S. rubrocinctus*.

### **References**

- Akkopru EP, Atlhan R, Okut H, Chi H (2015). 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(2):378–387. doi: 10.1093/jee/tov011.
- Alves-Silva E, Del-Claro K (2010). Thrips in the Neotropics: what do we know so far? *Trends in Entomology*, 6(1):77–88.
- Brown H, Chin D (2013). Red-banded thrips on fruit trees. Northern Territory Government, 134:1–3.



- Burden, RL, Faires, JD (2011). Numerical Analysis, 9th ed. Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Carey JR (1993). Applied demography for biologists with special emphasis on insects. New York: Oxford University Press.
- Carvalho ANM (2011). Distribuição espacial, plano de amostragem e caracterização de injúrias causadas por tripes (Thysanoptera : Thripidae) em videira. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Chang C, Huang CY, Dai SM, Atlihan R, Chi H (2016). Genetically engineered ricin suppresses *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) based on demographic analysis of group-reared life table. Journal of Economic Entomology, 109(3):987–992. doi: <http://dix.doi.org/10.1093/jee/tow091>.
- Chi H (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17(1):26–34. doi: <http://dix.doi.org/10.1093/ee/17.1.26>.
- Chi H (2020). TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis (Version 2020.01.12). Available from <http://140.120.197.173/Ecology>, 2020.
- Chi H, Liu H (1985). Hwo new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, Academica Sinica, 24(2):225–240.
- Chi H, Su HY (2006). 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 fecundity and the net reproductiv. Environmental Entomology, 35(1):10–21. doi: <http://dix.doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>.

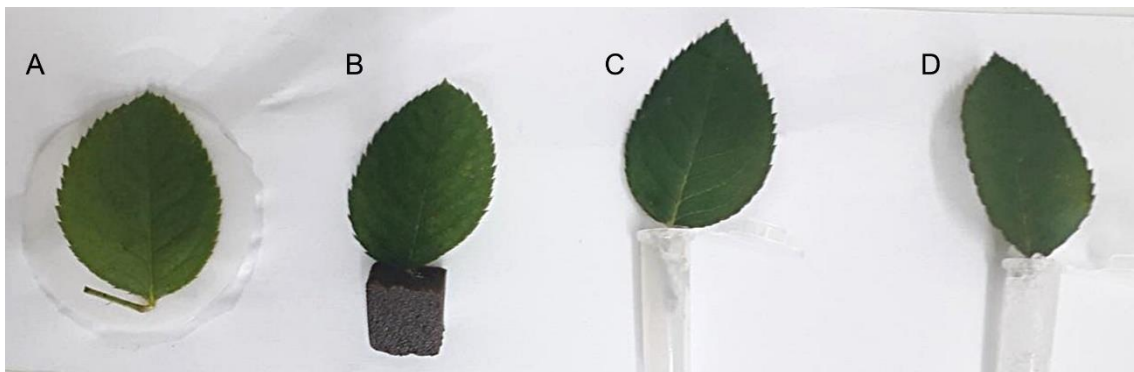
- Denmark HA, Mound LA, Marullo R (1996). The thrips of central and south America: an introduction (Insecta: Thysanoptera). *The Florida Entomologist*, 79(2):270. doi: 10.2307/3495826.
- Denmark H, Wolfenbarger DO (2016). Redbanded thrips, *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Insecta: Thysanoptera: Thripidae). *Electronic Data Information Source - UF/IFAS Extension*, 108:1–4.
- Efron B, Tibshirani R (1993). *An introduction to the bootstrap*. New York, NY: Chapman & Hall, p 456.
- Fisher R (1930). *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press: Oxford University Press, p 304.
- Gallo D, Nakano O, Neto SS, Carvalho RPL, Batista GC, Filho EB, Parra JRP, Zucchi RA, Alves SB, Vendramim JD, Marchini LC, Lopes JRS, Omoto C (2002). *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ.
- Goodman D (1982). Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *The American Naturalist*, 119:803–823.
- Huang Y, Chi H (2011). The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio dependent on female age. *Journal of Agriculture and Forestry*, 60(4):337–345.
- Krebs C (1972). *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harper & Row, p 694.
- Lorenzi H, Souza HM (2008). *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 4 ed ed. [s.l.] Nova Odessa: Instituto Plantarum, p 720.
- Mascarenhas ALS, Silvia MJP, Silva Junior JC (2016). Tisanopterofauna associada à plantas ornamentais e cultivadas no Sudoeste Baiano. *Entomologistas do Brasil*, 9(1):31–35. doi: 10.12741/ebrasilis.v9i1.536.

- Mound L (2002). Thysanoptera biodiversity in the Neotropics. *Revista de Biología Tropical*, 50:477–488.
- Nondillo A, Redaelli LR, Pinent SMJ, Botton M (2009). Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) em morangueiro. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(4):679–683. doi: 10.1590/S0085-56262009000400020.
- Paiva J (2010). Praga ataca mais de 3 mil cajueiros. *Jornal de Fato*.  
<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/praga-ataca-mais-de-3-mil-cajueiros/149484>  
Acesso 25 Nov 2020.
- Peña, J (2008). Plagas del palto en Florida. In: RENATO, R.; PILAR, L. (Ed.). *Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos*. Hotel Del Mar: Fontagro, pp 310–316.
- PRESSAT, R. *The dictionary of demography*. Glasgow, UK: Bell and bain, Ltd, 1985.
- R Core Team. *The Comprehensive R Archive Network (Version 4.0.2)*. Available from <https://brieger.esalq.usp.br/CRAN/>, 2020.
- Reitz S (2009). Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): the making of a pest. *Florida Entomologist*, 92(1):7–13. doi: 10.1653/024.092.0102.
- Sánchez-Soto S, Nakano O (2004). Primeiro registro de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae) atacando lichia no Brasil. *Neotropical Entomology*, 33(3):395–396.
- Sarmiento HKF (2014). *Integrated pest management of western flower thrips*. Faculty of Science, Universiteit Utrecht.
- Silva APN (2018). Criação em laboratório e tabela de vida de *Allograpta exotica* (Diptera: Syrphidae). Universidade Federal de Lavras (UFLA).

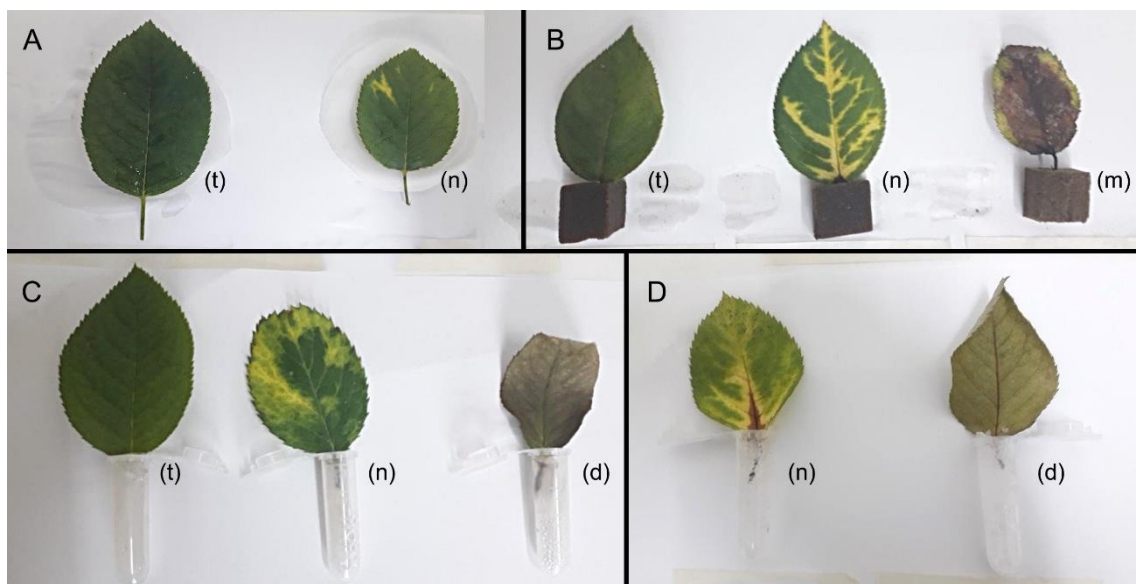
- Soesanthy F, Maryana N, Sartiami D, Karmawati D (2012). Biologi *Selenothrips rubrocinctus* Giard (Thysanoptera: Thripidae) pada Tanaman Jarak Pagar. Buletin RISTRI, 3(3):207–2016.
- Stancioli AR (2018). *Selenothrips rubrocinctus*. Defesa Vegetal. <http://www.defesavegetal.net/slenru> Acesso 20 Nov 2020.
- Tuan SJ, Lee CC, Chi H (2014a). 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(5):805–813. doi: 10.1002/ps.3618.
- Tuan SJ, Lee CC, Chi H (2014b). 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(12):1936–1936. doi: 10.1002/ps.3920.
- Wittmeyer JL, Coudron TA (2001). Life table parameters, reproductive rate, intrinsic rate of increase, and estimated cost of rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) on an artificial diet. Journal of Economic Entomology, 94(6):1344–1352.
- Woin N, Guyen Ban J, Cirad C, Mpe J (1995). Etude biologique de *Selenothrips rubrocinctus* ravageur du cacaoyer, du goyavier, et du manguier au Cameroun. Fruits, 50(1):51–58, 1995.

## Supplementary material 1

**Fig S1** Tested methodologies for defining the most suitable substrate for the maintenance of leaflets of rose cultivar Avalanche in laboratory. **A.** Treatment 1 - Wet filter paper; **B.** Treatment 2 - Vegetable sponge; **C.** Treatment 3 – Potato dextrose agar medium; **D.** Treatment 4 - Hydrogel.



**Fig S2** Leaflets on the 10th evaluation day, according to the methodologies tested to define the most suitable substrate for the maintenance of leaflets of rose cultivar Avalanche in laboratory. **A.** Treatment 1 - Wet filter paper; **B.** Treatment 2 - Vegetable sponge; **C.** Treatment 3 – Potato dextrose agar medium; **D.** Treatment 4 - Hydrogel. (t) turgid; (n) nutrient deficiency – (discolored); (m) mouldy; (d) dry.



**Tab S1** Total viability (%) in relation to the number of eggs laid by females of *Selenothrips rubrocinctus* and the number of hatched nymphs during adult stage.

<b>Specimen</b>	<b>Total of eggs</b>	<b>Total of nymphs</b>	<b>Viability (%)</b>	<b>Specimen</b>	<b>Total of eggs</b>	<b>Total of nymphs</b>	<b>Viability (%)</b>
<b>1</b>	48	41	85.42	<b>37</b>	13	10	76.92
<b>2</b>	1	1	100.00	<b>38</b>	22	18	81.82
<b>3</b>	25	17	68.00	<b>39</b>	0	0	0.00
<b>4</b>	8	8	100.00	<b>40</b>	28	21	75.00
<b>5</b>	39	27	69.23	<b>41</b>	20	12	60.00
<b>6</b>	11	10	90.91	<b>42</b>	25	18	72.00
<b>7</b>	32	21	65.63	<b>43</b>	17	11	64.71
<b>8</b>	26	16	61.54	<b>44</b>	1	1	100.00
<b>9</b>	19	15	78.95	<b>45</b>	29	13	44.83
<b>10</b>	8	6	75.00	<b>46</b>	15	12	80.00
<b>11</b>	26	18	69.23	<b>47</b>	13	5	38.46
<b>12</b>	3	1	33.33	<b>48</b>	18	13	72.22
<b>13</b>	18	17	94.44	<b>49</b>	35	20	57.14
<b>14</b>	13	13	100.00	<b>50</b>	36	27	75.00
<b>15</b>	8	5	62.50	<b>51</b>	13	12	92.31
<b>16</b>	15	9	60.00	<b>52</b>	1	0	0.00
<b>17</b>	18	9	50.00	<b>53</b>	21	15	71.43
<b>18</b>	29	20	68.97	<b>54</b>	6	2	33.33
<b>19</b>	24	17	70.83	<b>55</b>	9	8	88.89
<b>20</b>	25	10	40.00	<b>56</b>	3	1	33.33
<b>21</b>	23	14	60.87	<b>57</b>	30	27	90.00
<b>22</b>	19	12	63.16	<b>58</b>	0	0	0.00
<b>23</b>	25	17	68.00	<b>59</b>	2	1	50.00
<b>24</b>	2	2	100.00	<b>60</b>	5	3	60.00
<b>25</b>	34	28	82.35	<b>61</b>	11	8	72.73
<b>26</b>	29	24	82.76	<b>62</b>	27	22	81.48
<b>27</b>	11	9	81.82	<b>63</b>	0	0	0.00
<b>28</b>	5	5	100.00	<b>64</b>	13	8	61.54
<b>29</b>	16	11	68.75	<b>65</b>	32	28	87.50
<b>30</b>	0	0	0.00	<b>66</b>	14	9	64.29
<b>31</b>	22	13	59.09	<b>67</b>	26	22	84.62
<b>32</b>	15	11	73.33	<b>68</b>	20	14	70.00
<b>33</b>	22	11	50.00	<b>69</b>	25	25	100.00
<b>34</b>	8	6	75.00	<b>Average/specimen total</b>	<b>17.12</b>	<b>12.26</b>	<b>66.50</b>
<b>35</b>	10	9	90.00	<b>Average/specimen*</b>	<b>18.17</b>	<b>13.02</b>	<b>70.59</b>
<b>36</b>	14	7	50.00				

\* Specimens that laid eggs.

## Supplementary material 2

### Biological parameters:

- A. Age-stage specific survival rate ( $S_{xj}$ , where  $x$  = age in days and  $j$  = stage) – probability that a newborn will survive to age  $x$  and stage  $j$ :

$$S_{xj} = \frac{n_{xj}}{n_{01}} = \frac{\text{number of survivors at age } x \text{ and stage } j}{\text{initial number of newborns in the population}}$$

- B. Age-specific survival rate ( $l_x$ ) – survival rates of all stages at the same age combined (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988):

$$l_x = \sum_{j=1} S_{xj}$$

- C. Age-stage specific mortality rate ( $p_{xj}$ ) – probability that a specimen will die to age  $x$  and stage  $j$ :

$$p_{xj} = \frac{\text{number of dead specimens at age } x \text{ and stage } j}{\text{total number of specimens}}$$

- D. Age-specific fertility ( $m_x$ ) – the mean offspring per specimen at age  $x$ , including every living specimen at that age, from different stages, that contributes to the reproductive value, where  $f_{xj}$  is the age-stage specific fertility (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988):

$$m_x = \frac{\sum_{j=1} S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1} S_{xj}}$$

- E. Age-specific maternity ( $l_x m_x$ ) – was calculated by multiplying the results of the two previous formulas:

$$l_x m_x = l_x \cdot m_x$$

F. Female age-stage fertility ( $f_{x6}$ ) – where  $E_x$  is the total number of eggs laid by all females (the sixth life stage) at age  $x$  (Chang et al., 2016):

$$f_{x6} = \frac{E_x}{n_{x6}}$$

G. Age-stage life expectancy ( $e_{xj}$ ) – estimates the life span that a specimen of age  $x$  and stage  $j$  is expected to achieve after a unit of time, where  $n$  is the number of age groups,  $m$  is the number of stages, and  $S'_{iy}$  is the survival probability (Chi and Su, 2006):

$$e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=j}^m S'_{iy}$$

H. Age-stage reproductive value ( $v_{xj}$ ) – Contribution of a specimen of age  $x$  and stage  $y$  to the future population (Fisher, 1930; Huang and Chi (2011); Tuan et al. 2014a, 2014b):

$$v_{xj} = \frac{e^{r(x+1)}}{S_{xj}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} \sum_{y=j}^m S'_{iy} f_{iy}$$

**Population parameters:**

A. Net reproductive rate ( $R_0$ ) – the average offspring that a specimen can produce throughout its lifetime:

- The population tends to grow ( $R_0 > 1$ ).
- The population tends to decrease ( $R_0 < 1$ ).
- The population remains stable ( $R_0 = 1$ ).

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$



**B. Intrinsic rate of increase ( $r$ )** – estimates the direction of increase that a population will take when exposed to certain external conditions (competition, biotic factors, etc.) and internal (survival rate, life expectancy, fertility, etc.) (Carey, 1993).

- The population tends to grow ( $r > 0$ ).
- The population tends to decrease ( $r < 0$ ).
- The population remains stable ( $r = 0$ ).

This parameter was estimated using the bisection method (Burden & Faires, 2011) applied to the Euler–Lotka equation, with age indexed from 0 (Goodman, 1982):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

**C. Finite rate of increase ( $\lambda$ )** – the daily increase rate as the stable age-stage distribution is reached (Krebs, 1972; Chi and Liu, 1985; Chi, 1988):

- The population tends to grow ( $\lambda > 1$ ).
- The population tends to decrease ( $\lambda < 1$ ).
- The population remains stable ( $\lambda = 1$ ).

$$\lambda = e^r$$

**D. Mean generation time ( $T$ )** – the time that a population needs to increase to  $R_0$ -fold of its initial size (i.e.,  $e^{rT} = R_0$  or  $\lambda^T = R_0$ ) as the population reaches the stable age-stage distribution (Pressat 1985; Chi and Liu 1985; Chi, 1988):

$$T = \frac{\ln(R_0)}{r}$$

## **ARTIGO 2**

(Artigo apresentado conforme as normas da Revista Biological Control)

***Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) possui potencial para controlar  
*Selenothrips rubrocinctus* (Thysanoptera: Thripidae) em roseiras?**

Jailma Rodrigues dos Santos<sup>a,\*</sup>; Brígida Souza<sup>a</sup>; Marvin Mateo Pec Hernandez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Entomologia, Escola de Ciências Agrárias de Lavras / Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras - MG, Brasil.

<sup>b</sup> Departamento de Acarologia e Entomologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo, 13418-900, Piracicaba – SP, Brasil.

**Autor Correspondente**

\*Endereço de e-mail: jailma.santos@estudante.ufla.br (J. R. dos Santos)

## Resumo

Algumas espécies de insetos fitófagos adquirem potencial para atingir o status de praga, sendo essencial o conhecimento de estratégias de controle. O uso de agentes biológicos é uma tática promissora e, nesse sentido, é decisivo que inimigos naturais que possam atuar como agentes de controle da espécie fitófaga sejam identificados. *Selenothrips rubrocinctus* é uma espécie de tripes recentemente registrada em plantas da família Rosaceae e já constatada em associação com roseiras. Neste trabalho objetivou-se estudar a capacidade predatória, a resposta funcional e os tempos de busca e manuseio de *Chrysoperla externa* sob diferentes densidades de *S. rubrocinctus* associado à roseira (*Rosa* sp.). Os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), do Departamento de Entomologia/ESAL/UFLA, em condições controladas ( $25\pm 1$  °C,  $70\pm 10\%$  UR e fotofase de 12h). Os estudos sobre a capacidade predatória e tempos de busca e manuseio foram realizados para o 1º, 2º e 3º ínstar de *C. externa*, utilizando-se trinta repetições para cada ínstar do predador. O consumo foi avaliado 12, 24 e 36 horas após a exposição das larvas às ninfas de *S. rubrocinctus*. Os tempos de busca e manuseio corresponderam ao tempo requerido para o encontro e manuseio da presa. Foram ofertadas ninfas de *S. rubrocinctus* criadas em folhas de roseira cv. Avalanche mantidas em laboratório. Para a resposta funcional utilizaram-se quatro densidades da presa para cada ínstar do predador, as quais foram definidas com base no consumo médio obtido após 24 horas, conforme resultados dos testes sobre a capacidade predatória. Os bioensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. *C. externa* têm grande potencial predatório sobre ninfas de *S. rubrocinctus*. Larvas no 3º ínstar consumiram maior número de presas e apresentaram menor tempo de busca e manuseio, mostrando sua habilidade e voracidade no controle da praga. A resposta funcional do tipo II confirma que a taxa de consumo de *C. externa* está diretamente relacionada à densidade de presas, verificando-se maior consumo quando disponíveis em densidades mais elevadas.

**Palavras-chave:** Tripes, crisopídeo, controle biológico, flores de corte.

## 1. Introdução

A ocorrência de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard, 1901) (Thysanoptera: Thripidae) foi recentemente relatada em rosáceas (Mascarenhas et al., 2016), passando a compor o rol de espécies que ameaçam a produção de rosas (*Rosa* sp.). Apesar do seu potencial como praga, estudos sobre esse inseto ainda são escassos.

Num cenário em que os consumidores, principais responsáveis por movimentar o mercado mundial de flores, têm sido cada vez mais exigentes quanto à qualidade, durabilidade e frescor dos produtos, a limitação do uso de produtos fitossanitários destaca-se como uma medida importante no processo produtivo do setor (Pereira et al., 2010). Nesse contexto, o emprego de agentes biológicos para o controle populacional desses organismos insere-se como uma tática limpa e sustentável, e mundialmente adotada contra pragas associadas a diversos cultivos.

Na natureza, além dos fatores abióticos, a regulação de populações de tripes ocorre por meio de uma grande diversidade de organismos, entre os quais inserem-se os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) (Bleicher e Melo, 1996; Denmark e Wolfenbarger, 2016). Na fase larval esses insetos são predadores generalistas e bastante explorados em pesquisas envolvendo o controle de artrópodes-praga em cultivos agrícolas (Brodeur et al., 2018; Souza et al., 2019; Parra et al., 2020). Pesquisas relacionadas ao uso desses inimigos naturais no controle de pragas da floricultura são relativamente escassas (Carvalho et al., 2019), fazendo-se necessários mais estudos que possam fundamentar o uso desses insetos no controle biológico aplicado.

Entre as espécies de Chrysopidae mais estudadas para uso no controle de pragas, encontra-se *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861). Essa espécie está amplamente distribuída na região Neotropical e, no Brasil, vem sendo alvo da maior parte das pesquisas que visam

o uso desses insetos no controle biológico aumentativo. Dessa forma, *C. externa* já possui um histórico de resultados positivos, especialmente no que se refere à voracidade e eficiência na predação de diversos tipos de presas, os quais alicerçam sua indicação como agente de controle de várias pragas agrícolas (Maia et al., 2004; Carvalho e Souza, 2009; Rodrigues, 2010; Bezerra, 2014; Souza et al., 2019). No entanto, é relevante estudar a eficácia desse predador com vistas ao controle de *S. rubrocinctus* e verificar eventuais interferências da presa na biologia e/ou comportamento desse inimigo natural.

O conhecimento da bioecologia de inimigos naturais de espécies associadas à plantas de interesse econômico, incluindo a compreensão de sua dinâmica populacional e a maneira como interagem, são fundamentais para determinação da sua eficiência como agentes biocontroladores (Huffaker; Gutierrez, 1999). Assim, as interações predador-presa assumem importância no contexto do controle biológico aplicado, sendo essencial que se conheça a habilidade do predador na busca da presa, tempo de manuseio e sua capacidade predatória. Essas características são decisivas no processo de predação *per se* e seu conhecimento fundamenta o êxito de um programa de controle biológico.

A efetividade do inimigo natural é dependente da sua taxa de alimentação, que por sua vez, geralmente está atrelada à densidade populacional da presa. Ou seja, o número de presas atacadas depende da sua densidade populacional, o que é conhecido como resposta funcional (Holling, 1959; Juiano, 2001; Mahzoum et al., 2020).

Com este trabalho objetivou-se conhecer a capacidade predatória, aspectos comportamentais relacionados à busca e manuseio da presa e a resposta funcional de *C. externa* associada a *S. rubrocinctus* criado em roseira cv. Avalanche, visando o uso desse crisopídeo como agente de controle de populações do trips em cultivos dessa Rosaceae.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Área Experimental**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), do Departamento de Entomologia (DEN)/Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL)/Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG), Brasil. As condições ambientais foram:  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  de UR e fotofase de 12h, com iluminação proveniente de lâmpadas LED de 9W com temperatura de cor de 6.5000K.

### **2.2 Criação de *Selenothrips rubrocinctus***

A criação de *S. rubrocinctus* foi estabelecida em laboratório a partir de adultos coletados em roseiras da cultivar Avalanche cultivadas em casa-de-vegetação. Os espécimes tiveram sua identidade específica previamente confirmada antes do início da criação.

Utilizaram-se placas de Petri (15 x 1,5 cm) contendo dois discos de papel filtro (150 mm) sobrepostos e umedecidos com água destilada, os quais serviram como apoio para os folíolos de roseira. Foram utilizados folíolos coletados dos terços médio ou superior das plantas, os quais foram previamente lavados com hipoclorito de sódio (0,5%) e água destilada antes de serem colocados sobre o papel filtro. À medida que os tripes foram se multiplicando, foram sendo preparadas novas placas com adultos, posturas, ninfas, pré-pupas e pupas, os quais foram mantidos separadamente. A manutenção das placas foi realizada a cada 72 horas substituindo-se os folíolos por outros recém-coletados.

### **2.3 Criação de *Chrysoperla externa***

Os exemplares foram provenientes da criação existente no DEN/ESAL/UFLA (Geração F6 de laboratório), onde são mantidos a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas. A criação foi conduzida segundo metodologia descrita por Carvalho e Souza (2009).

Os adultos foram criados em gaiolas cilíndricas de PVC (20 cm x 15 cm) e alimentados com dieta composta por uma mistura pastosa de lêvedo de cerveja e mel (1:1), aplicada em tiras de plástico resistente (10 cm x 2 cm). No fundo das gaiolas foi colocado um frasco contendo um chumaço de algodão embebido em água destilada, o qual foi substituído a cada dois dias. As larvas foram criadas em gaiolas semelhantes, contendo pedaços de papel toalha para aumentar a superfície de caminhamento e disponibilizar locais de abrigo de modo a reduzir o canibalismo entre elas. As larvas foram alimentadas diariamente com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae).

#### **2.4 Capacidade predatória de larvas de *Chrysoperla externa***

Foram utilizadas ninfas de *S. rubrocinctus* no 2º ínstar, as quais foram mantidas em condições similares às usadas para a criação da espécie em laboratório (subitem 2.2). Utilizaram-se as densidades de 50, 100 e 150 ninfas para larvas de 1º, 2º e 3º ínstars de *C. externa*, respectivamente, as quais foram definidas a partir de ensaios preliminares. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos: TI = Larva de 1º ínstar; TII = Larva de 2º ínstar; TIII = Larva de 3º ínstar, com trinta repetições sendo, cada uma delas representada por um espécime do crisopídeo.

Ovos de *C. externa* com até 24 horas de idade foram individualizados em tubo de vidro (8,5 x 2,5 cm). As larvas no 1º ínstar foram utilizadas logo após a eclosão, e aquelas no 2º e 3º ínstars foram mantidas nesses mesmos recipientes e utilizadas logo após passarem pelo processo de ecdise. Porém, nas três primeiras horas que antecederam os testes, as larvas de 2º e 3º ínstars foram privadas de alimento e mantidas em jejum.

Liberou-se uma larva de *C. externa* por placa de Petri (15 x 1,5 cm) contendo folíolos de roseiras infestados artificialmente por ninfas de *S. rubrocinctus* conforme a densidade disponibilizada. O consumo pelas larvas do crisopídeo nos diferentes ínstars foi avaliado



após 12, 24 e 36 horas, e foi definido pela diferença entre a quantidade ofertada e a quantidade não predada. Os indivíduos predados foram identificados pelo aspecto retorcido e desidratado, enquanto aqueles mortos por outras causas permaneciam com aparência túrgida.

Os dados de médias repetidas no tempo das avaliações realizadas após 12, 24 e 36 horas foram submetidos à análise utilizando-se modelos lineares generalizados mistos (GLMM) com distribuição de erro binomial negativa. Os dados obtidos para o consumo acumulado em 24 horas foram analisados pelo GLM com distribuição quasipoisson (para explicar a sobredispersão), seguido pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A qualidade do ajuste foi determinada por meio de um gráfico seminormal com um envelope de simulação. Utilizou-se o *software* “R” estatística (R Core Team, 2020).

## **2.5 Tempos de busca e manuseio por larvas de *Chrysoperla externa***

Os tempos de busca e de manuseio por larvas de *C. externa* foi avaliado quando alimentadas com ninfas de 2º ínstar de *S. rubrocinctus*. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos: TI = Larva de 1º ínstar; TII = Larva de 2º ínstar; TIII = Larva de 3º ínstar, e trinta repetições, cada uma delas representada por um espécime.

Ovos de *C. externa* com até 24 horas após a oviposição foram individualizados em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm). As larvas eclodidas foram alimentadas com ovos de *E. kuehniella* até a idade em que foram utilizadas no experimento.

As ninfas de *S. rubrocinctus* foram confinadas em placa de Petri (5 x 1 cm) e mantidas nas mesmas condições ambientais da criação em laboratório (subitem 2.2). Utilizaram-se 50 ninfas de 2º ínstar para avaliação dos tempos de busca e manuseio em cada ínstar de *C. externa*. As larvas de 1º, 2º e 3º ínstars foram mantidas em jejum por um período

de três horas antes do início do experimento, retirando-se todo o alimento das unidades de criação.

Os tempos de busca e de manuseio da presa foram obtidos por meio de um cronômetro, considerando-se o tempo entre a liberação do predador e a captura da presa (tempo de busca) e o tempo em que o predador permaneceu alimentando-se dela (tempo de manuseio). As avaliações restringiram-se ao primeiro encontro do predador com a presa.

Para a variável tempo, os dados não atenderam os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância e foi utilizado o modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de erro tipo Gamma. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas por meio do *software* “R” estatística (R Core Team, 2020).

## **2.6 Resposta funcional de *Chrysoperla externa***

O estudo da resposta funcional para cada um dos ínstars de *C. externa* e para cada densidade de presa foi iniciado com 20 larvas recém-eclodidas. As larvas foram individualizadas em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) vedados com PVC laminado, que foi perfurado com microalfinete para aeração. As larvas usadas no 2º e 3º ínstars foram alimentadas com ovos de *E. kuehniella* até a mudança para o ínstar a ser estudado.

Os tratamentos foram representados por quatro densidades da presa as quais foram definidas, separadamente, para cada ínstar de *C. externa*. Para essa definição tomou-se como referência o total de ninfas de 2º ínstar de *S. rubrocinctus* consumidas em 24 horas, no teste para avaliação da capacidade predatória (subitem 2.4). Foram testadas quatro densidades de ninfas, sendo duas abaixo do consumo médio e duas acima da média (Tabela 1). As ninfas do tripes foram obtidas seguindo-se a metodologia descrita no subitem 2.4.

**Tabela 1.** Densidade de ninfas de 2º ínstar de *Selenothrips rubrocinctus* ofertadas às larvas de 1º, 2º e 3º ínstar de *Chrysoperla externa*, em laboratório (25±1°C, 70±10% UR e fotofase de 12 horas).

Densidade de <i>S. rubrocinctus</i>	Nº de ninfas de <i>S. rubrocinctus</i> ofertadas por ínstar		
	1º	2º	3º
<b>A</b>	6	10	50
<b>B</b>	9	20	70
<b>C</b>	15	40	110
<b>D</b>	18	50	130

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (densidade da presa) para cada ínstar do predador. Foram utilizadas 20 repetições, cada uma constituída por um espécime do predador. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial considerando a resposta funcional de *C. externa* em função das densidades de *S. rubrocinctus*.

As larvas de *C. externa* foram privadas de alimento por três horas antes da execução do experimento. As larvas foram liberadas em placas de Petri (5 x 1 cm) com auxílio de um pincel, colocando-as sobre folíolos de roseiras da cultivar Avalanche. Por ocasião das liberações, os folíolos já estavam infestados pelas ninfas do trips conforme as densidades a serem testadas e de acordo com o ínstar do predador. Após 24 horas das liberações, as larvas foram removidas das placas de Petri e os trips não consumidos foram contabilizados.

O tipo de resposta funcional foi testado usando a função *frair\_test* do pacote "frair" (Pritchard et al., 2017) no *software* R (R Core Team, 2020), de acordo com o número de presas consumidas. Uma vez determinada a resposta funcional do tipo II, os dados foram analisados ajustando-os à Equação de Predador Aleatório Tipo II de Rogers (Rogers, 1972), com o uso de regressão de mínimos quadrados não linear para obter os parâmetros de resposta funcional. A equação para um predador aleatório tipo II de Rogers é dada por:

$$N_a = N_0 \times (1 - \exp [a (h \times N_a - T)])$$

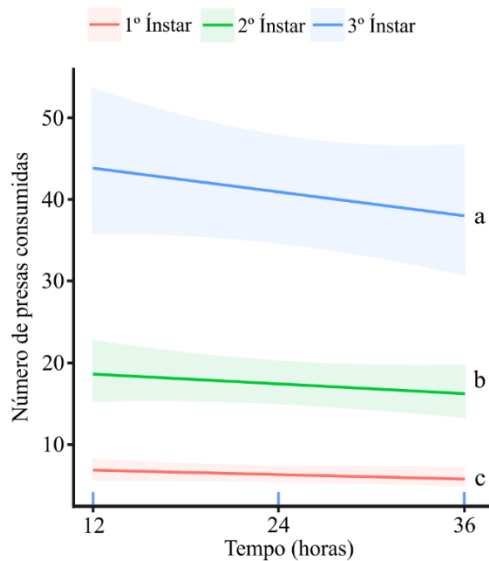
Onde,  $N_a$  = número de presas consumidas;  $N_0$  = Número de presas ofertadas;  $a$  = taxa de ataque;  $h$  = tempo de manuseio; e  $T$  = tempo de confinamento (24 horas). Esses parâmetros foram estimados pelo método Nelder-mead, de acordo com a máxima verossimilhança.

Os limites de confiança (95%) foram determinados considerando-se as diferenças entre a taxa de ataque ( $a$ ) e o tempo de manuseio ( $h$ ) para os três ínstaes de *C. externa*, por meio da função Bootstrap (*frair\_boot*) do mesmo pacote.

### 3. Resultados

#### 3.1 Capacidade predatória de larvas de *C. externa*

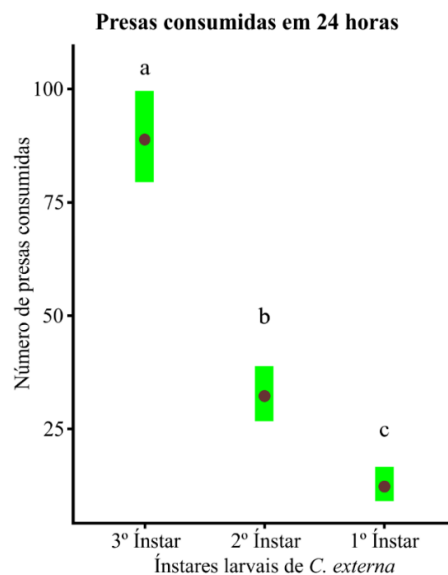
Analisando-se o consumo obtido após 12, 24 e 36 horas, constatou-se um aumento significativo (GLMM, distribuição binomial negativa,  $\text{Chisq} = 293,8211$ ,  $\text{DF} = 2$ ,  $p = <0,001$ ) em função do estágio de desenvolvimento das larvas de *C. externa*. Verificou-se um consumo total médio de  $6,32 \pm 0,46$ ;  $17,38 \pm 1,31$  e  $40,78 \pm 3,30$  ninfas de *S. rubrocinctus* por larvas de 1º, 2º e 3º ínstaes, respectivamente, ao longo de 36 horas (Fig 1).



**Fig 1.** Consumo não acumulado de ninfas de 2º ínstar de *Selenothrips rubrocinctus* por larvas de 1º, 2º e 3º ínstaes de *Chrysoperla externa* após 12, 24 e 36 horas de exposição à presa.

Quando avaliados os dados brutos do consumo não acumulado, para os três ínstaras de *C. externa*, verificou-se maior consumo nas primeiras 12 horas após a eclosão e a ecdise das larvas, diminuindo gradativamente nas 12 horas seguintes e voltando a aumentar nas 12 horas subsequentes. Essa oscilação no consumo de presas foi mais expressiva para larvas de 3º ínstar (Material Suplementar 1 – Tabela S1).

Ao analisar o número de ninfas predadas em 24 horas, obteve-se a taxa de consumo, verificando-se um aumento proporcional e significativo (GLM, distribuição quasipoisson, LR Chisq = 355,48, DF = 2,  $p = < 0,001$ ) ao longo do desenvolvimento larval de *C. externa*. O consumo médio de ninfas de 2º ínstar de *S. rubrocinctus* pelas larvas de 1º, 2º e 3º ínstaras, nas primeiras 24 horas após a eclosão e/ou ecdise, foi  $12,20 \pm 1,56$ ;  $32,20 \pm 2,53$  e  $88,80 \pm 4,21$ , respectivamente (Fig 2). Levando-se em consideração a quantidade de presas ofertadas em cada estágio, registra-se um consumo de 24,40 % pelas larvas de 1º ínstar, 32,20 % por aquelas de 2º ínstar e de 59,20 % pelas larvas de 3º ínstar. Esses resultados evidenciam a maior voracidade do último estágio larval de *C. externa* em relação às ninfas de *S. rubrocinctus*.



**Fig 2.** Consumo médio de ninfas de 2º ínstar de *Selenothrips rubrocinctus* por larvas de 1º, 2º e 3º ínstaras de *Chrysoperla externa* em um intervalo de tempo de 24 horas.

### 3.2 Tempos de busca e manuseio por larvas de *C. externa*

Os tempos de busca (GLM, distribuição de erro Gamma, LR Chisq = 70,392, DF = 2,  $p = < 0,001$ ) e de manuseio (GLM, distribuição de erro Gamma, LR Chisq = 168,425, DF = 2,  $p = < 0,001$ ) revelaram que os estádios larvais de *C. externa* se comportam de forma diferente quanto à atividade predatória. O tempo médio de busca foi reduzido de  $5,20 \pm 0,67$  min para  $1,06 \pm 0,14$  min e o tempo médio de manuseio, de  $5,03 \pm 0,40$  min para  $1,12 \pm 0,09$  min, do 1º para o 3º instar (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tempos médios (min) de busca e manuseio por larvas de *Chrysoperla externa* supridas com ninfas de 2º instar de *Selenothrips rubrocinctus*.

Ínstar de <i>C. externa</i>	Tempo de busca (min)	Tempo de manuseio (min)
	X ± EP	X ± EP
1º	5,20 ± 0,67 c*	5,03 ± 0,40 c
2º	2,48 ± 0,32 b	2,18 ± 0,17 b
3º	1,06 ± 0,14 a	1,12 ± 0,09 a

X = Média.

EP = Erro Padrão da média.

\*Média seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

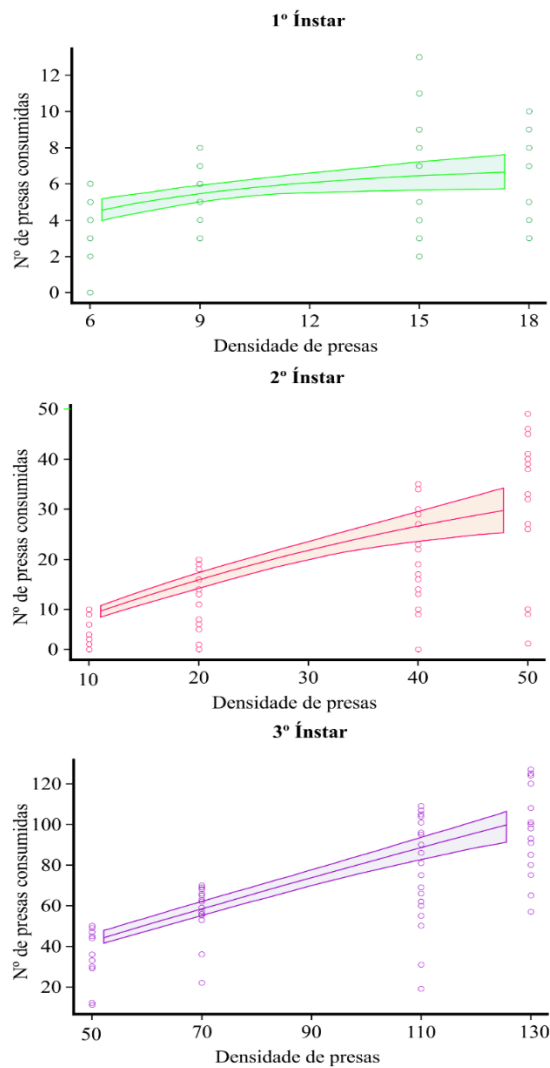
### 3.3 Resposta funcional de *Chrysoperla externa*

A análise de regressão logística gerou um coeficiente linear negativo para todos os estádios do predador, sugerindo uma resposta funcional do Tipo II quando associados a *S. rubrocinctus* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Estimativas de máxima verossimilhança obtidas a partir da análise de regressão logística da proporção de ninfas de 2º instar de *Selenothrips rubrocinctus* consumidas por larvas de *Chrysoperla externa* em diferentes ínstaes, durante 24 horas.

Ínstaes	Estimativa	Erro Padrão	z valor	Pr (z)
1º	-0,102278	0,015385	-6,6478	< 0,001
2º	-0,018678	0,003329	-5,6104	< 0,001
3º	-0,003230	0,000980	-3,2943	< 0,001

As médias mais elevadas de presas consumidas em cada ínstar, durante 24 horas, foram registradas para as maiores densidades (18, 50 e 130 ninfas), correspondendo a 6,6, 33,7 e 103,65 ninfas predadas no 1º, 2º e 3º ínstares, respectivamente (Fig 3). No entanto, como esperado, a maior proporção diária de presas consumidas foi constatada em densidades mais baixas, observando-se uma redução com o aumento da densidade de presas. Larvas no 1º e 2º ínstares predaram 75% e 82% das ninfas, respectivamente, quando disponibilizadas na menor densidade, enquanto as larvas no 3º ínstar predaram 85,28 % das presas quando ofertadas em uma densidade intermediária (70 ninfas).



**Fig 3.** Resposta funcional de larvas de *Chrysoperla externa* no 1º, 2º e 3º ínstares supridas com ninfas de 2º ínstar de *Selenothrips rubrocinctus*, em um intervalo de 24 horas.

Os dados obtidos para o consumo foram ajustados à Equação de Predador Aleatório Tipo II de Rogers para determinação dos coeficientes da taxa de ataque (a) e tempo de manuseio (h). A menor taxa de ataque (a) foi exibida pelas larvas de 2º de *C. externa*, seguida pelas de 3º ínstar, enquanto que aquelas de 1º ínstar apresentaram a maior taxa. No entanto, atendendo aos limites de confiança de Bootstrap, a taxa de ataque estimada para os três ínstars não diferiram de forma significativa (Tabela 4).

**Tabela 4.** Estimativas da taxa de ataque (a) e tempo de manuseio (h) para o 1º, 2º e 3º ínstars de *Chrysoperla externa* supridas com diferentes densidades de ninfas de 2º ínstar de *Selenothrips rubrocinctus*, para a Equação de Predador Aleatório Tipo II de Rogers. (Tempo de Confinamento = 24 horas).

Ínstars	Coef.	Estimativa	Erro Padrão	z valor	Pr (z)	Limites*	
						Mínimo	Máximo
1º	a	2,600291	0,735765	3,5341	< 0,001	1,344	9,536
	h	0,129662	0,014758	8,7857	< 0,001	0,085	0,172
2º	a	1,732945	0,156022	11,1071	< 0,001	1,054	2,766
	h	0,017111	0,002238	7,6441	< 0,001	0,002	0,031
3º	a	1,798575	0,093763	19,1827	< 0,001	1,401	2,717
	h	0,001966	0,000536	3,6699	< 0,001	0,000	0,006

Coef. = Coeficientes

\* Limites de confiança (95%) determinados pelo Bootstrap não paramétrico.

A análise de Bootstrap não evidenciou sobreposição entre os limites mínimos e máximos dos tempos de manuseio (h), indicando serem estatisticamente diferentes. Constatou-se que o 1º ínstar requer 7,58 vezes (h 1º ínstar/ h 2º ínstar) mais tempo que o 2º ínstar para consumir uma presa. Já o 2º ínstar demanda um tempo 8,70 vezes (h 2º ínstar/ h 3º ínstar) maior que o 3º ínstar, ressaltando a maior eficácia desse estágio em função do menor tempo de manuseio. Verificou-se assim uma redução do tempo gasto na exploração alimentar das ninfas de *S. rubrocinctus* em função do desenvolvimento larval do predador. As larvas de 1º ínstar despenderam mais tempo no manuseio da presa. Esse ínstar foi o que apresentou a maior variação dos tempos de busca e manuseio (Tabela 4).



#### 4. Discussão

Houve um aumento do consumo de presas ao longo do desenvolvimento das larvas de *C. externa* o que corrobora os resultados obtidos em outros estudos, envolvendo esse crisopídeo frente a diversas espécies de presas. Bastidas, Devia e Amaya (2010), por exemplo, estudando a ação predatória de *C. externa* sobre ninfas de 2º ínstar de *Neohydatothrips signifer* (Priesner, 1932) (Thysanoptera: Thripidae), verificaram maior consumo pelas larvas de 3º ínstar em relação àquelas de 2º e 1º ínstars, sendo, conseqüentemente, mais céleres no controle populacional da presa. De acordo com Soares et al. (2007) e Souza et al. (2019), a mobilidade, capacidade de defesa e tamanho da presa influenciam diretamente na sua seleção e apreensão pelas larvas de *C. externa*.

As interações predador-presa são dependentes das características comportamentais das espécies envolvidas, assim como da relação entre o tamanho dos indivíduos, e podem interferir na taxa de predação (Pacheco-Rueda et al., 2015; Espino et al., 2017; Souza et al. 2019). Espino et al. (2017), por exemplo, verificaram que larvas de 2º ínstar de *C. externa* consumiram mais ninfas de *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae) em relação àquelas de 1º e 3º ínstars, enquanto que larvas no último estágio predaram maior quantidade de adultos. Trabalhando com adultos de *F. occidentalis*, Luna-Espino et al. (2020) mostraram que larvas de 2º e 3º estágio desse crisopídeo consumiram maior número de presas comparadas àquelas do 1º ínstar, resultando em um controle de 90,80 % na fase de floração e 73,20 % na fase vegetativa de tomateiros infestados pela praga.

O maior consumo nas primeiras 12 horas após a eclosão e a ecdise, verificado para os três ínstars de *C. externa*, revelam a importância da disponibilidade de alimento nas primeiras horas do período pós-embriônico e após a ecdise. A maior predação verificada nesse período pode ser decorrente do gasto energético do embrião e da redução do consumo pelas larvas antes de iniciarem a ecdise, além do uso das reservas nutricionais durante o

processo. A demanda por recursos leva o predador a consumir número maior de presas nas primeiras horas após esses eventos.

Os resultados obtidos para os tempos de busca e de manuseio mostraram que as larvas de *C. externa* demandam menos tempo para encontrar e consumir sua presa à medida que se desenvolvem. Esses resultados reiteram aqueles constatados para a capacidade predatória, os quais evidenciam a maior voracidade das larvas de 3º ínstar. Resultados similares para os tempos de busca e manuseio obtidos neste trabalho foram reportados para larvas de *C. externa* supridas com ninfas de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) (Fonseca et al., 2001), ninfas de *Uroleucon ambrosiae* (Thomas, 1978) (Hemiptera: Aphididae) (Aquad et al., 2002) e ninfas de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) (Maia et al., 2004). Segundo Milonas et al. (2011) e Mahzoum et al. (2020), com o aumento do volume corporal a cada ínstar, as larvas adquirem maior agilidade na busca, apreensão e alimentação, acarretando uma redução dos tempos de busca e manuseio. Conforme Albuquerque (2009), geralmente as presas apresentam comportamento gregário, e as larvas tendem a requerer maior tempo para o encontro com a primeira delas, principalmente as larvas de 1º ínstar, devido à menor mobilidade quando comparada aos estádios subsequentes. A relação de tamanho predador-presa também pode ter sido relevante na ação predatória e nos tempos de busca e manuseio de *C. externa*. Larvas de 1º ínstar possuem tamanho menor ou similar ao das ninfas de 2º ínstar de *S. rubrocinctus*, dispendendo maior gasto de energia nas atividades de captura e manuseio da presa.

Todos os ínstaes de *C. externa* foram bem-sucedidos na predação das ninfas de *S. rubrocinctus*. Considerando-se o número absoluto de presas consumidas durante 24 horas, a resposta funcional evidenciou um aumento na predação em função do aumento da densidade de presas, tendendo a um saciamento nas maiores densidades. Esse comportamento caracteriza uma resposta funcional Tipo II (Descrito no Material Suplementar 1 – Fig S1-

A). A elevação da taxa predatória em função do incremento na densidade de indivíduos ofertados é decorrente das maiores chances de encontro entre predador e presa, propiciando menor tempo de busca. De acordo com Souza et al. (2019), a relação entre a densidade e o número de presas consumidas é essencial na dinâmica populacional predador-presa, verificando-se um aumento do consumo em situações de maior disponibilidade de presas, o que é decorrente das maiores oportunidades de encontros. Uma das formas das larvas de crisopídeos localizarem suas presas é por meio do sendo tátil. Conforme Albuquerque (2009), a localização da presa pelas larvas ocorre de forma casual durante seu deslocamento, necessitando, portanto, de contato físico para que possam detectá-la.

Por uma outra perspectiva, a resposta funcional do tipo II implica em um maior consumo proporcional nas menores densidades de presas (Material Suplementar 1 – Fig S1-B), o que também foi constatado neste trabalho. Assim, considerando-se a proporção entre o número de presas consumidas e a densidade ofertada, a taxa predatória foi maior nas densidades menores. Esse comportamento é verificado em situações onde há uma disponibilidade menor de presas, o que concorre para um tempo de manuseio mais curto e, conseqüentemente, maior ação predatória. Por outro lado, quando a densidade de presas é elevada, percebe-se uma mudança no comportamento das larvas, que passam a dedicar mais tempo ao manuseio da presa e consumindo menor número de indivíduos. Diversos pesquisadores constataram o mesmo comportamento para larvas de *C. externa* quando associadas à diferentes presas (Fonseca et al., 2000; Auad, 2001, 2003; Monteiro-dos Santos et al., 2005). Muitos predadores com tais características têm sido bem-sucedidos como agentes de controle de pragas (Holling, 1959, 1966; Juliano 2001).

Vale salientar que o coeficiente de ataque e o tempo de manuseio são os parâmetros utilizados para se determinar a magnitude das respostas funcionais exibidas pelos estágios predatórios sobre uma determinada presa, sendo que seus valores diferem entre os estágios

de desenvolvimento do predador (Mahzoum et al., 2020). O tempo de manuseio, segundo Shah e Khan (2013), é considerado um indicador da taxa de consumo e da eficácia de um predador, pois reflete o efeito cumulativo do tempo tomado durante a captura, domínio, matança e digestão da presa. A magnitude da resposta funcional de *C. externa* sobre ninfas de *S. rubrocinctus* é observada por meio da estimativa desses coeficientes, principalmente do tempo de manuseio, que mostrou um decréscimo expressivo ao logo dos estádios de desenvolvimento do predador.

O 3º ínstar foi o mais eficaz devido ao menor tempo de manuseio, consumindo um maior número de ninfas de *S. rubrocinctus* em menor tempo quando comparado aos demais estádios. Palomares-Pérez et al. (2019), ao estudarem a resposta funcional de *C. externa* associado à *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemiptera: Aphididae), também verificaram maior consumo, maior coeficiente de ataque (a) ( $0,00625 \pm 0,000573$ ) e menor tempo de manuseio (h) ( $1,0132 \pm 0,0918$ ) no 3º ínstar, evidenciando que nesse estágio as larvas necessitam de menos tempo para identificar, localizar, capturar e consumir sua presa.

O maior consumo verificado quando disponibilizadas maiores quantidades de presas, ressalta a potencial adequabilidade de *C. externa* como agente de controle de *S. rubrocinctus* em ocorrência de infestações mais elevadas dessa praga em cultivos de rosas. Ao estudarem a atividade predatória de larvas de *C. externa* visando o controle de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae) em roseiras, Gamboa et al. (2016) demonstraram a potencialidade desse crisopídeo para uso como agente de regulação populacional desse afídeo nesses cultivos.

A resposta funcional revelou que *C. externa* pode contribuir para a regulação das populações de *S. rubrocinctus* associadas a roseiras, particularmente em densidades mais altas. Deve-se considerar, contudo, que os testes foram realizados em um ambiente limitado, o que proporciona maiores chances de encontro entre predador e presa, resultando em uma

atividade predatória superestimada e maior consumo proporcional em densidades menores. Em campo, a taxa de ataque pode ser diminuída devido ao aumento do tempo gasto pelo predador em busca da presa (Atlihan, 2004). É válido ressaltar que, em situações de densidades mais elevadas da presa, provavelmente haverá uma saciação mais rápida do predador em decorrência do menor tempo de busca.

Mostrou-se com este estudo que *C. externa* é um inimigo natural com elevado potencial para o controle de *S. rubrocinctus* em roseiras por apresentar capacidade efetiva e velocidade na predação de ninfas do tripses, uma possível praga de importância para a cultura da roseira. Esses resultados assumem importância na medida em que servem como base para pesquisas sobre o comportamento e capacidade predatória de *C. externa* em campo, visto terem sido bastante promissores.

Conclui-se que o 3º estágio larval é o mais voraz e eficiente, verificado por meio da capacidade predatória, tempos de busca e manuseio e resposta funcional.

#### **Declaração da Contribuição de Autoria**

**Jailma Rodrigues dos Santos:** Concepção e desenho do estudo, planejamento e montagem do experimento, coleta e tabulação dos dados, redação e revisão do manuscrito e formatação final. **Marvin Mateo Pec Hernandez:** Concepção e desenho do estudo, colaboração na análise estatística e interpretação dos dados, revisão do manuscrito. **Brígida Souza:** Concepção e desenho do estudo, planejamento e orientação na condução do experimento, revisão do manuscrito.

## **Declaração de Concorrência de Interesse**

Os autores declaram que não conhecem interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais que possam ter influenciado o desenvolvimento da pesquisa que resultou na elaboração deste artigo.

## **Agradecimentos**

Este artigo é parte da dissertação de mestrado de JRS, que agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil, pelo apoio financeiro recebido por meio da bolsa de estudos. Agradecemos ao Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), pela disponibilização da infraestrutura para condução dos experimentos. Agradecemos ao Prof. Dr. Élisson Fabrício B. Lima da Universidade Federal do Piauí, por ter confirmado a identidade específica de *Selenothrips rubrocinctus*.

## **Referências**

- Albuquerque, G. (2009). Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae). In: Panizzi, A., Parra, J. (Ed.). **Bioecologia e Nutrição de Insetos: Base para o Manejo Integrado de Pragas**. 1st. ed. [s.l.] Embrapa Informação Tecnológica, 2009. pp. 969–1022.
- Atlihan, R., Kaydan, B., Özgökçe, M. (2004). Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. **Journal of Pest Science**, 77(1), 17–21, doi: 10.1007/s10340-003-0021-6.
- Auad, A., Freitas, S., Barbosa, L. (2001). Influencia 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(4), 455–463.

- Auad, A., Freitas, S., Barbosa, L. (2002). Tempo de busca e de manuseio de larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) alimentadas com *Uroleucon ambrosiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 46(4), 535–538, doi: 10.1590/S0085-56262002000400007.
- Auad, A., Freitas, S., Barbosa, L. (2003). Potencial de alimentação de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) em diferentes densidades de *Uroleucon ambrosiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 47(1), 15–18.
- Bastidas, J., Devia, E., Amaya, O. (2010). Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. **Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, 11(1), 31, doi: 10.21930/rcta.vol11\_num1\_art:192.
- Bezerra, C.E.S. (2014). ***Chrysoperla externa* (Hagen): dietas artificiais na alimentação larval e controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) na cultura da melancia**. 2014. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Bleicher, E., Melo, Q.M.S. (1996). **Artrópodes associados ao cajueiro no Brasil**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2- ed., Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT. 35p. (EMBWA-CNPAT, Documentos, 9).
- Brodeur, J., Abram, P., Heimpel, G., Messing, R. (2018). Trends in biological control: public interest, international networking and research direction. **Bio Control**, 63(1), 11–26, doi: 10.1007/s10526-017-9850-8.
- Carvalho, C.F., Souza, B. (2009). Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: Bueno, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: Editora UFLA, pp. 77–115.
- Carvalho, L.M, Souza, B., de Sousa, A.L.V. (2019). Ornamental Plants. In: Souza, B.,

- Vázquez, L., Marucci, R. (Eds). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems**. Cham: Springer International Publishing, pp. 355-368, doi: 10.1007/978-3-030-24733-1\_29
- Denmark, H.A., Wolfenbarger, D.O. (2016). Redbanded thrips, *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Insecta: Thysanoptera: Thripidae). **Electronic Data Information Source - UF/IFAS Extension**, 108, 1–4.
- Espino, H., Mendoza, A., Espino, J., Gómez, V. (2017). Comportamiento de búsqueda y capacidad pepredadora de *Chrysoperla externa* sobre *Frankliniella occidentalis*. **Southwestern Entomologist**, 42(2), 463–476, doi: 10.3958/059.042.0216.
- Fonseca, A., Carvalho, C., Souza, B. (2000). Resposta funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Anais da Sociedades Entomological do Brasil**, 29(2), 309–317.
- Fonseca, A., Carvalho, C., Souza, B. (2001). 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.
- Gamboa, S., Souza, B., Rubén, M. (2016). Actividad depredadora de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) en cultivo de *Rosa* sp. **Revista Colombiana de Entomología**, 42(1), 54–58.
- Holling, C. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, 91(7), 385–398, doi: 10.4039/Ent91385-7.
- Holling, C. (1966). The functional response of invertebrate predators to prey density. **The Memoirs of the Entomological Society of Canada**, 98, 5–86.
- Huffaker, C.B., Gutierrez, P. (1999). **Ecological Entomology**. Harper and Hall, New York, p. 654.



- Juliano, S. (2001). Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner, S.M., Gurevitch, J. (Ed.). **Design and analysis of ecological experiments**. 2ª Edição ed. New York: Chapman and Hall, pp. 178–196.
- Luna-Espino, H., Jiménez-Pérez, A., Castrejón-Gómez, V. (2020) Assessment of *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on Tomato (*Solanum lycopersicum*) under glasshouse condit. **Insects**, 11(2), 87, doi: 10.3390/insects11020087.
- Mahzoum, A., Villa, M., Benhadi-Marín, J., Pereira, J. (2020). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae on *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae): Implications for biological control. **Agronomy**, 10(10), 1511, doi: 10.3390/agronomy10101511.
- Maia, W., Carvalho, C., Souza, B., Cruz, I., Maia, E. (2004). Capacidade predatória e aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, 28(6), 1259–1268.
- Mascarenhas, A.L.S., Silvia, M.J.P., Silva Junior, J.C. (2016). Tisanopterofauna Associada à Plantas Ornamentais e Cultivadas no Sudoeste Baiano. **Entomologistas do Brasil**, 9(1), 31–35, doi: 10.12741/ebrasilis.v9i1.536.
- Milonas, P., Kontodimas, D., Martinou, A. (2011). A predator's functional response: Influence of prey species and size. **Biological Control**, 59(2), 141–146, doi: 10.1016/j.biocontrol.2011.06.016.
- Monteiro-Dos Santos, T., Leal-Boiça, A., Barbosa, J. (2005). Reposta funcional de *Chrysoperla externa* a *Aphis gossypii* em cultivares de algodoeiro. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)**, 74, 41–47.

Pacheco-Rueda, I., Lomelí-Flores, J., López-Arroyo, J., González-Hernández, H., Romero-Napoles, J., Santillán-Galicia, M., Suárez-Espinoza, J. (2015). Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Revista Colombiana de Entomología**, 41(2), 187–193.

Palomares-Pérez, M., Bravo-Núñez, M., Arredondo-Bernal, H. (2019). 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, doi: 10.4289/0013-8797.121.2.256.

Parra, J., Diniz, A., Coelho, A. (2020). Controle Biológico de Pragas no Brasil. **Revista Cultivar**, 255, 30–24.

Pereira, C.M.M. de A., Melo, M.R., DIA, P.B. (2010). Características e atributos transacionais da produção de rosas na região de Barbacena-MG. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, 12(2), 177–184.

Pritchard, D., Paterson, R., Bovy, H., Barrios-O'Neill, D. (2017). Frair : an R package for fitting and comparing consumer functional responses. **Methods in Ecology and Evolution**, 8(11), 1528–1534, doi: 10.1111/2041-210X.12784.

R Core Team. (2020). **The Comprehensive R Archive Network (Version 4.0.2)**. Available from <https://brieger.esalq.usp.br/CRAN/>.

Rodrigues, C.A. (2010). **Eficiência de predação de Chrysoperla externa (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) sobre o trips do amendoim Enneothrips flavens (Moulton, 1941) (Thysanoptera: Thripae)**. 2010. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

Rogers, D. (1972). Random search and insect population models. **The Journal of Animal Ecology**, 41, 359–383.

Shah, M., Khan, A. (2013). Functional response: a function of predator and prey species. **The Bioscan**, 8(3), 751–758.

Soares, J., Nascimento, A., Silva, M. (2007). **Informações sobre *Chrysoperla externa***. 25p. (Embrapa Algodão. Documento, 175).

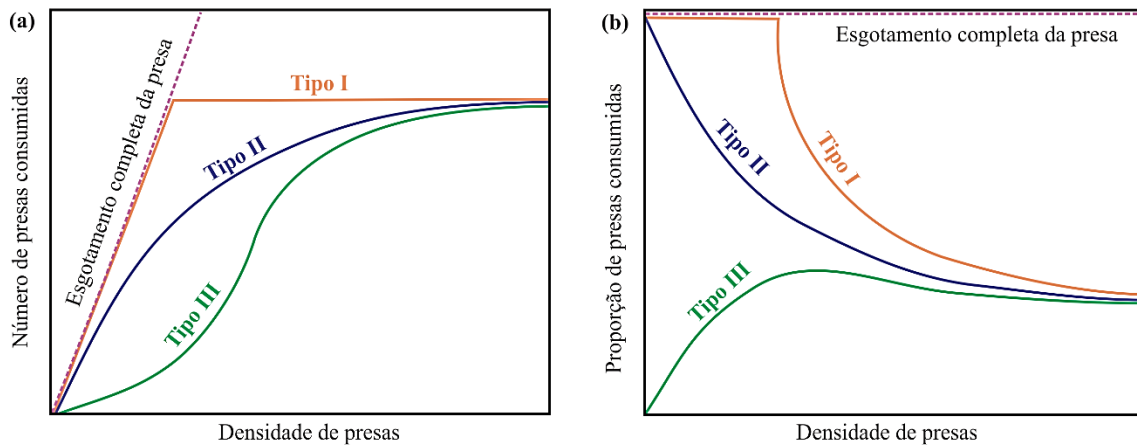
Souza, B., dos Santos-Cividanes, T.M, Cividantes, F.J, Souza, A.L.V. (2019). Predatory Insects. In: Souza, B., Vázquez, L., Marucci, R. (Eds). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems**. Cham: Springer International Publishing, pp. 73–87.

## Material Suplementar 1

Principais tipos de resposta funcional (Holling, 1959, 1966; Juliano, 2001) (Fig S1):

- Tipo-I: O consumo aumenta linearmente em relação ao número de presas disponíveis. Para este tipo ocorrer, o tempo de manuseio do predador deverá ser praticamente zero.
- Tipo-II: Há uma relação assintótica na qual o consumo aumenta até o momento em que ocorre a saciação. Neste tipo de resposta, o tempo de manuseio do predador é sempre o mesmo, não dependendo da densidade de presa.
- Tipo III: é definido por uma relação sigmoide onde há um aumento inicial e subsequente diminuição do consumo proporcional da presa. Este tipo somente surgirá quando um aumento na densidade de presas conduzir ao incremento da taxa de ataque e uma diminuição no tempo de manuseio.

**Fig S1** Comportamento das curvas de acordo com o tipo de resposta funcional.



**Fonte:** Pritchard et al. (2020)

**Tabela S1** Consumo não acumulado de larvas de 1º, 2º e 3º ínstaes de *Chysoperla externa* alimentas por ninfas de 2º ínstar de *Selenothrips rubrocinctus*.

Repetições	Ínstaes larvais de <i>C. externa</i>								
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
	Consumo 12 horas			Consumo 24 horas			Consumo 36 horas		
1	4	10	32	6	14	17	1	8	57
2	8	8	105	2	12	17	26	20	23
3	8	4	60	5	13	14	9	16	16
4	6	16	58	4	0	22	4	32	10
5	6	17	97	5	0	13	9	28	3
6	6	9	36	9	19	94	14	28	19
7	7	20	65	7	5	62	10	9	22
8	15	20	25	2	3	6	12	6	39
9	8	30	105	4	25	16	4	5	15
10	12	16	64	5	25	49	15	12	22
11	6	13	36	5	32	35	4	3	62
12	3	19	43	6	23	43	6	13	33
13	3	10	60	4	10	27	3	6	45
14	5	30	55	3	5	27	2	9	23
15	2	21	28	3	6	72	5	29	41
16	19	18	47	3	5	31	7	37	65
17	4	11	26	4	5	29	3	35	53
18	2	12	11	4	8	9	4	28	6
19	11	8	54	7	6	32	6	24	47
20	13	15	50	9	14	17	11	28	39
21	8	30	51	8	10	75	7	30	20
22	5	20	20	10	19	52	2	12	59
23	10	30	25	5	28	85	7	22	19
24	8	24	60	12	25	13	7	25	46
25	3	27	80	4	13	35	7	11	25
26	9	28	85	4	18	30	10	33	34
27	9	23	89	5	32	41	2	24	16
28	3	12	94	3	14	31	3	27	24
29	4	30	38	3	1	22	1	22	80
30	7	21	15	2	24	35	1	33	93
<b>Média</b>	<b>7,13</b>	<b>18,40</b>	<b>53,80</b>	<b>5,10</b>	<b>13,80</b>	<b>35,03</b>	<b>6,73</b>	<b>19,96</b>	<b>35,20</b>

## **TERCEIRA PARTE**

## 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho buscou-se responder questões sobre a interação entre o predador *Chrysoperla externa*, o tripses *Selenothrips rubrocinctus* e plantas de roseiras. Visando atingir os objetivos propostos foram testadas quatro hipóteses e, para isso, foram desenvolvidos bioensaios envolvendo o sistema formado por esses três níveis tróficos. A partir dos resultados obtidos foram aceitas as seguintes hipóteses: *S. rubrocinctus* tem potencial para atingir o status de praga em roseiras; o predador *C. externa* tem potencial para controlar as populações de *S. rubrocinctus* em cultivares de rosas e; a resposta funcional de *C. externa* evidencia a capacidade predatória das larvas supridas com *S. rubrocinctus*. Rejeitou-se a hipótese seguinte: o desenvolvimento de *S. rubrocinctus* é afetado pela cultivar de roseira.

Os resultados mostraram que as cultivares de roseiras testadas foram adequadas para o desenvolvimento de *S. rubrocinctus*, não diferindo daqueles verificados na literatura, referentes ao ciclo biológico da espécie. Assim, tornou-se possível inferir que ambas as cultivares constituem-se em hospedeiros potenciais para essa espécie de tripses. Com a tabela de vida foi possível conhecer o potencial reprodutivo da espécie e sua capacidade para atingir grandes densidades populacionais em cultivos de rosas.

Constatou-se que as ninfas desse tisanóptero foram aceitas como presas pelas larvas de *C. externa*, não afetando a atividade predatória do crisopídeo. Este trabalho é pioneiro na literatura científica na medida em que envolveu o estudo de *S. rubrocinctus* associado a roseiras e apresentou informações sobre um inimigo natural potencial para o controle de suas populações em cultivos de rosas, evidenciando a importância desta pesquisa.

São necessárias pesquisas adicionais sobre *S. rubrocinctus* como, por exemplo, determinação do nível de dano em roseiras, informação importante para tomada de decisão quanto à necessidade e o momento de se efetuar o controle, e estudo do comportamento da espécie ao longo de diferentes estações do ano. Da mesma forma, são necessários estudos sobre a biologia e tabela de vida de *C. externa* a partir de larvas alimentadas com *S. rubrocinctus*, características comportamentais, tempo de busca e manuseio e densidades do predador frente a diferentes densidades da presa, interações intraguilddia, preferência alimentar, entre outros. Diante dessas informações, testes deverão ser realizados visando avaliar a capacidade de controle e comportamento desse crisopídeo em áreas de cultivo comercial de rosas.