

## COMPORTAMENTO DIURNO DO BESOURO DESFOLHADOR *Chrysolina sanguinolenta* L. EM CANTEIROS DE CULTIVO DE COUVE CHINESA (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt): POTENCIAL PARA SUBSÍDIO AO MANEJO ECOLÓGICO

Diurnal behavior of the leaf beetle *Chrysolina sanguinolenta* L. in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt) beds: Potential to support ecological management

Leon Maximiliano Rodrigues<sup>1</sup>, Letícia da Costa<sup>2</sup>, Alexandre Silva Borges<sup>3</sup>, Kellem Daiana Brina<sup>3</sup>, Priscilla Yoshie Tateishi Fernandes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Técnico de Laboratório na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Unidade Alto da Serra do Botucaraí/Soledade, Soledade, RS, doutorando no Programa de Doutorado em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento, Universidade Aberta (UAb, Portugal) – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7132-3187>, e-mail: [leon-rodrigues@uergs.edu.br](mailto:leon-rodrigues@uergs.edu.br); <sup>2</sup> Mestranda no Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Neotropical, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) - Foz do Iguaçu, PR, Brasil, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4172-4227>, e-mail: [leticiasacks@gmail.com](mailto:leticiasacks@gmail.com); <sup>3</sup> Acadêmicos de graduação na Faculdade União Dinâmica de Faculdades Cataratas (UDC), Foz do Iguaçu, PR.

### RESUMO

Visando contribuir para a produção de conhecimentos que subsidiem o manejo ecológico de besouros desfolhadores, estudou-se o comportamento diurno do besouro desfolhador *Chrysolina sanguinolenta* L. durante um ciclo de cultivo em canteiros de couve chinesa (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt). Foram feitas 5 campanhas para coleta de dados em campo ao longo do ciclo de cultivo (47 dias). Dados biológicos e de comportamento dos besouros e do microclima foram registrados. Dados etnoecológicos também foram obtidos junto ao agricultor proprietário. A análise dos dados revela padrões em duas escalas temporais distintas: (1) ao longo do ciclo de cultivo e (2) ao longo do dia (nictemeral). Os padrões observados sugerem uma relação da atividade de *C. sanguinolenta* com o ciclo nictemeral do microclima e do ciclo de vida do besouro com o ciclo de cultivo de *B. rapa*. A compreensão de tais padrões pode subsidiar decisões sobre o manejo e controle dos insetos praga.

**Palavras chave:** Agroecologia; Ecologia de Coleópteros; Produção Orgânica; Comportamento de Besouros.

### ABSTRACT

Aiming to contribute to the knowledge production that support the ecological management of leaf beetles, the diurnal behavior of the leaf beetle *Chrysolina sanguinolenta* L. was investigated during the cultivation cycle of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt "beds"). Five field campaigns were performed in order to collect data throughout the cultivation cycle (47 days). Biological and behavioral data of beetle and microclimate data were recorded. Ethnoecological data were also obtained from the owner farmer. Data analysis showed patterns in two distinct time scales: (1) along the cropping cycle and (2) throughout the day (nictemeral). The observed patterns suggest a relationship of the activity of *C. sanguinolenta* with the microclimate nictemeral cycle and the beetle life cycle with the *B. rapa* cultivation cycle. Understanding these patterns can support decisions about the management and control of harmful insects.

**Keywords:** Agroecology; Ecology of Coleoptera; Organic Production; Beetle Behavior.

## INTRODUÇÃO

O aumento na produção agrícola graças à Revolução Verde veio com um custo ambiental (BARKIN, 1998; GOMIERO et al., 2011). Os diversos impactos (erosão, desertificação, etc.) (WATERS et al., 2014) e a perda de culturas aumentam devido a intensificação dos cultivos, redução da diversidade dos agroecossistemas, estreita base genética das cultivares modernas, uso intensivo de agroquímicos e rápidas mudanças climáticas (SHARMA et al., 2017).

Por estas razões, estudos têm questionado a sustentabilidade de tais sistemas (VALENZUELA, 2016), levando à busca por melhoramento, reparação e evolução de alternativas para tais problemas (REDCLIFT e GOODMAN, 1991). No entanto, apesar do crescimento dos sistemas alternativos à agricultura industrial, há uma falta de informações baseadas em pesquisas para atender os sistemas orgânicos, incluindo interações planta-praga (ZEHNDER et al., 2006).

Em um agroecossistema, os organismos considerados praga merecem atenção porque afetam a produtividade dos sistemas agrícolas (ABANG et al., 2014). A redução da potencial perda ou desperdício de alimentos pode resultar em aumento na disponibilidade de alimentos para consumo humano (SHARMA et al., 2017). Por isso é importante a identificação e compreensão das interações ecológicas dos principais organismos indesejáveis (COSTA et al., 2004).

Dentre os diversos organismos considerados praga os insetos-praga reduzem em cerca de 18 a 20% da produção anual em todo o mundo (SHARMA et al., 2017). Conforme Patole (2017) insetos da ordem Coleoptera foram o principal problema fitossanitário em diferentes tipos de cultivo (*e.g.*, cereais, oleaginosas, culturas de fibras, hortaliças, frutas, ornamentais, especiarias e grãos) e a família Chrysomelidae formou o segundo maior grupo com 18,18% das espécies. Embora danifiquem as plantas cultivadas, do ponto de vista ecológico os crisomelídeos são importantes, pois são integrantes das cadeias alimentares como herbívoros e também carnívoros quando são inimigos naturais (CHABOO, 2011). Os crisomelídeos, principalmente as espécies desfolhadoras são altamente prolíferos e se constituem numa

preocupação maior em cultivos orgânicos, pois o adubo orgânico com excesso de nitrogênio, por exemplo, pode aumentar a população de insetos-praga devidos ao desequilíbrio nutricional das plantas (VORSAH et al., 2020). Assim, tem surgido alguns estudos com foco no uso de atributos ecológicos aplicados ao controle de besouros desfolhadores (HOFFMANN et al., 1996; MASON et al., 2020).

A família Brassicaceae compreende vários gêneros importantes do ponto de vista econômico e agroecológico, com importância medicinal, farmacológica, alimentícia, etc. (RAZA et al., 2020). No entanto, várias espécies de Brassicaceae cultivadas são alvo de uma ampla gama de insetos fitófagos. Frenzel e Brandl (1998), por exemplo, encontraram 183 insetos ectoendófagos em Brassicaceae na Polônia.

Visando contribuir para o desenvolvimento de estratégias ecológicas no manejo de insetos-praga e plantas cultivadas, este estudo buscou avaliar o comportamento do besouro desfolhador *Chrysolina sanguinolenta* L. (família Chrysomelidae) e sua relação com o microclima e o ciclo de cultivo da couve chinesa (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis* K. Koch), em uma horta orgânica.

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido numa propriedade de agricultura orgânica familiar pequena, localizada no perímetro urbano do município de Foz do Iguaçu (PR). A propriedade tem 2,4 ha de área, e está localizada na transição entre a área urbana e rural, nas coordenadas a 25° 33'22. 87" S, 54° 31'11.12" O, a 221 m de altitude. Ao norte faz fronteira com um condomínio arborizado, no oeste termina numa mata ciliar de um riacho que fornece água para a horta, no leste uma estrada passa entre a propriedade alvo e uma RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) e ao sul faz fronteira com uma propriedade de agricultura convencional, existindo uma “barreira verde” de vegetação entre as duas propriedades. O

clima da região é subtropical úmido com verão quente (Cfa) (ALVARES et al., 2013).

### Desenho Amostral e Coleta de Dados

Os dados foram coletados entre o período de 03/09 a 11/10/2011, em dois canteiros de cultivo contíguos de 20 x 2m com cultivo de *B. rapa*, sendo 3 estações amostrais em cada canteiro localizadas equidistantes, uma próxima à extremidade, uma no meio do canteiro e outra próxima da outra extremidade. Iniciando na segunda semana após o plantio (25/08), foram realizadas 5 coletas, distribuídas regularmente ao longo de 47 dias até a colheita (11/10/2011). Em cada coleta realizou-se observações diretas da população de *C. sanguinolenta* nos canteiros e no entorno (canteiros e manchas de vegetação adjacentes) e, concomitantemente, foi realizada a coleta dos dados de microclima a cada duas horas, das 6:00 às 20:00 horas (06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00).

A metodologia de estudo de campo foi adaptada de LAUMANN et al. (2003). A coleta de exemplares de *C. sanguinolenta* para identificação foi feita com um sugador entomológico confeccionado segundo ALMEIDA et al. (2003). Para observação dos exemplares coletados e obtenção de medidas foi usado um estereomicroscópio Tecnival EQZ-DS4-BI, com escala embutida fixa e um paquímetro mecânico Lee Tools 682626. As variáveis de comportamento dos besouros desfolhadores observadas foram: atividade predominante (Pouca ou nenhuma, Atividade indeterminada, Alimentação, Alimentação e cópula, Cópula, Locomoção), posição na planta (Parte inferior, Planta inteira, Parte superior, Adulto toda e Larva inferior, Adulto superior e Larva inferior), fase ontogênica predominante (Adulta, Larval, Adulta e Larval, Adulta e Ovos), presença em plantas próximas (Sim, Não, Em detritos) e deslocamento entre plantas (Sim, Não, Larvas no solo).

As variáveis umidade relativa (%) e temperatura do ar (°C) rente ao solo (URS e TRS, respectivamente) e na altura do peito (UAP e TAP, respectivamente), foram avaliadas utilizando um termo-higrômetro Instrutherm HT-260. Ainda foram obtidos dados etnoecológicos complementares junto aos agricultores, baseado em Bardin (2011), visando identificar aspectos da relação entre *kosmos* e *corpus* que contribuíssem para entender a

ecologia de *C. Sanguinolenta*.

Os dados de comportamento foram expressos a partir de suas frequências absolutas em gráficos de barra e os dados de microclima através de gráficos tipo *beanplot* integrado com *boxplot* para expressar, respectivamente, a distribuição dos dados e medidas de tendência central, de posição e de dispersão (média, mediana, percentis, máxima e mínima).

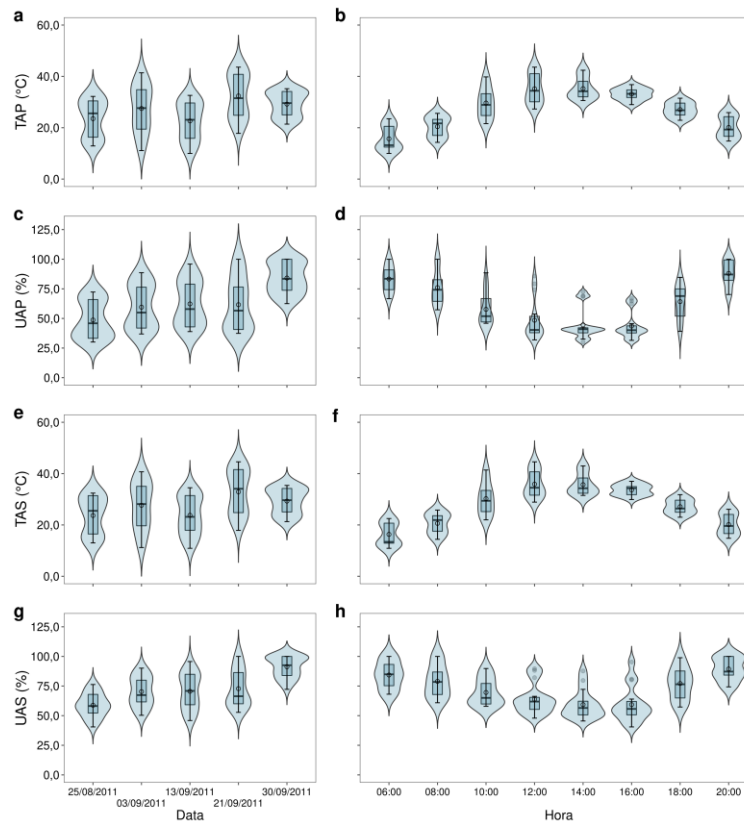
Para verificar diferenças estatísticas nas variáveis de microclima, temperatura (Temp) e umidade (Umid), entre os grupos de amostras (escalas de análise), foi implementado um teste de comparação exata de pares de dados classificados do tipo Friedman (EISINGA et al., 2017) comparando (1) dias de coleta (ciclo de cultivo) e (2) horários de coleta (ciclo nictemeral). Para explorar quais variáveis explicam melhor a variação dos dados, foi implementada uma Análise de Componentes Principais Categórica (CPCA – *Categorical Principal Component Analysis*) (GIFI, 1990). A análise estatística foi implementada utilizando o ambiente R 4.1.0, com os pacotes ‘PMCMRplus’, para o teste exato de Friedman, e ‘Gifi’, para a CPCA, e pacotes auxiliares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise Direta

A análise dos dados revelou padrões de variação do clima (Fig. 1) e de comportamento dos besouros (Fig. 2) nas duas escalas temporais analisadas (nictemeral e ciclo de cultivo), bem como fatores descritores específicos para os padrões. Ao longo do estudo a temperatura variou de 10,0 a 63,5°C ( $27,4 \pm 8,9^\circ\text{C}$ ) e a umidade de 30,1 a >100,0% ( $68,0 \pm 19,5^\circ\text{C}$ ). Ao longo do ciclo de cultivo houve pouca variação, exceto por um aumento da umidade no último dia, quando a umidade e a temperatura variaram menos (Fig. 1a,c,e,g). Ao longo do dia a média e mediana variaram, assim como a amplitude da variação da temperatura e da umidade, com máximas de temperatura e mínimas de umidade do meio até o final da tarde, com uma menor variação nestes horários (Fig. 1b,d,f,h). Estes resultados sugerem que a

variação nictemeral pode ter sido mais importante durante o período de estudo.



**Figura 1.** Variação da temperatura e umidade rente ao solo e na altura do peito, comparando entre dias (a, c, e, g) e entre horários ao longo do dia (b, d, f, h). TAP – temperatura na altura do peito; UAP – umidade na altura do peito; TAS – temperatura na altura do solo; UAS – umidade na altura do solo.

Com relação à população de *C. sanguinolenta*, esta foi dominante na comunidade de besouros desfolhadores nos canteiros avaliados (> 50% dos indivíduos). A dominância da presença de *C. sanguinolenta*, observada neste estudo, confirma os estudos realizados por Dangles e Malmqvist (2004) e Carroll et al. (2011) onde ambos observaram predomínio de insetos-praga em ecossistemas antropizados e mal manejados como é o caso da maioria dos ecossistemas agrícolas destinados ao cultivo de hortaliças. Os besouros *C. sanguinolenta* apresentaram tendência de maior atividade e forrageamento no final do dia, quando as

temperaturas foram mais amenas e a umidade mais alta, apesar da maior variabilidade (Fig. 2b,d,f,h). Os períodos com maior atividade de deslocamento e cópula ocorreram durante a tarde, quando a temperatura aumentava e quando a temperatura e a umidade eram mais estáveis (entre 14 e 18 horas). Os períodos com menos atividade de *C. sanguinolenta* foram verificadas no início do dia, quando a temperatura era mais baixa e a umidade mais alta.

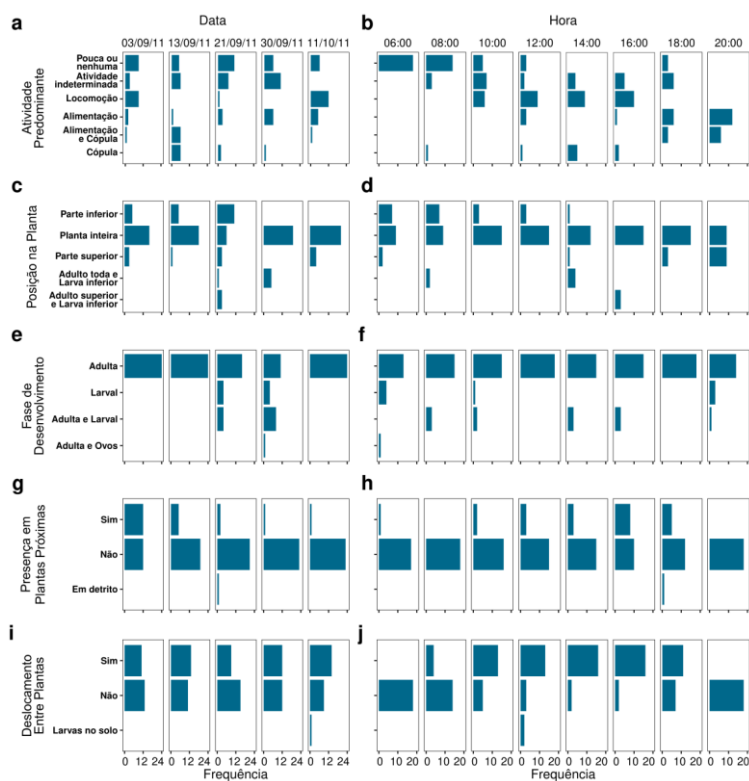


Figura 2. Frequência dos comportamentos observados em cada dia de coleta (a, c, e, g) e cada horário ao longo do dia (b, d, f, h).

Já ao longo do ciclo de cultivo (Fig. 2a,c,e,g) o período reprodutivo de *C. sanguinolenta* ocorreu no meio do período de estudo (13/09 a 30/09), com maior ocorrência desse comportamento na terceira semana (30/09), quando foi observada a cópula e ovos. A locomoção foi maior nos primeiros e último dia. A atividade de alimentação ocorreu ao longo de todos os dias, porém foi maior no início e final do ciclo de cultivo. Os resultados obtidos

sugerem que há uma alternância entre o comportamento de deslocamento e reprodução de *C. sanguinolenta* ao longo do ciclo de cultivo da couve chinesa, com modulação da atividade de forrageamento. Assim, durante o período de reprodução os besouros parecem direcionar sua energia para a cópula, tornando-se mais sedentários e forrageando (estocando) menos. É provável, portanto, que exista uma sincronia entre o ciclo de vida de *C. sanguinolenta* e ciclo de cultivo de *B. rapa*.

Ao longo do ciclo de cultivo a presença das larvas e adultos de *C. sanguinolenta* apresentou distribuição por todas as estruturas da parte aérea das plantas de *B. rapa*, exceto no terceiro dia de coleta (quarta semana do ciclo de cultivo), quando os indivíduos se concentraram nas partes inferiores das plantas. No terceiro dia também foram observadas larvas nas partes inferiores e menor atividade dos besouros (Fig. 2a,c). Esse evento ocorreu logo após o período em que foi registrada maior atividade de cópula (Fig. 2a). Além disso, foi observado somente a fase adulta nos dias de coleta 1, 2 e 5, enquanto no terceiro e quarto dia também foram observadas larvas e ovos (Fig. 2e). Estes resultados sugerem um maior investimento de energia em forrageamento no início e final do ciclo de cultivo e maior investimento em reprodução no meio do ciclo de cultivo.

A avaliação da população de *C. Sanguinolenta* na vegetação próxima e do entorno dos canteiros de *B. rapa*, usadas como indicador de migrações entre o canteiro e o entorno, mostrou que poucos besouros foram observados (Fig. 2g). Por outro lado, houve relativo equilíbrio entre observações com e sem “deslocamento entre plantas” dentro dos canteiros (Fig. 2i). Estes resultados, adicionados ao fato de que praticamente não foi observada atividade de voo durante as cinco avaliações, pode indicar um comportamento sedentário em que, após colonizar os canteiros, os besouros de *C. Sanguinolenta*, tendem a permanecer nele durante o ciclo de cultivo. Portanto, embora seja esperado que deslocamentos entre fragmentos/manchas vizinhas (distâncias menores que 100 m) ocorrem regularmente, enquanto manchas distantes (distâncias superiores a 500 m) sejam isoladas (BAUR et al., 2005), esse não parece ser o caso para este estudo.



A migração a distâncias mais longas pode ocorrer quando a população de besouro se encontra em plantas hospedeiras que têm alta densidade de adultos e elevado grau de danos causados por larvas (HERZIG, 1995). É provável que o comportamento sedentário observado nesta pesquisa indique que a população de *C. Sanguinolenta* não atingiu a capacidade de carga do hospedeiro. Isso pode estar relacionado com o manejo adotado pelo agricultor ou com fatores inerentes ao agroecossistema que não foram abordados no estudo.

Ao longo do dia (variação nictemeral) as atividades variaram, com: (i) pouca ou nenhuma atividade nos primeiros horários do dia; (ii) locomoção e cópula no meio do dia; e (iii) alimentação no final do dia (Fig. 2b). Quanto à “posição na planta”, na maior parte das observações os indivíduos estavam distribuídos na planta inteira, mas com tendência de se concentrarem nas partes inferiores no início do dia e nas partes superior no final do dia (Fig. 2d).

Os insetos geralmente se movem e distribuem de acordo com a qualidade da planta hospedeira, podendo responder a muitos fatores que as diferenciam (FUTUYMA & GOULD, 1979, WHALEN & HARMON, 2012). As interações entre insetos e plantas podem ser complexas, com influência indireta da temperatura e disponibilidade de água, que alteram a química da planta que, por sua vez, selecionam as preferências dos insetos herbívoros (KUCZYK et al., 2021). Já foram verificados, por exemplo, efeitos indiretos do clima sobre os insetos através de respostas fisiológicas da planta, como alterações na qualidade nutricional dos tecidos vegetais, bem como alteração nas condições microclimáticas na superfície da folha (PINCEBOURDE et al., 2017). Assim, provavelmente no início do dia os besouros permanecem refugiados nas partes inferiores das plantas, enquanto no final do dia direcionam-se para as partes superiores das plantas para se alimentar.

Já os eventos de cópula ocorreram principalmente no meio do dia, quando a temperatura é mais alta e a umidade é mais baixa, o que pode representar um investimento energético substancial para os indivíduos, sendo períodos de grande sensibilidade para estes organismos. Ao longo do dia não foi observado um padrão claro para a fase ontogênica (Fig. 2f), enquanto

a presença em plantas próximas e o deslocamento entre plantas (Fig. 2h,j) ocorreu das 10 às 18 horas. Por ser um organismo ectotérmico e diurno, pode ser que os besouros de *C. Sanguinolenta* migram durante o dia como adaptação para a regulação térmica e de umidade. Porém, para entender melhor as relações que se estabelecem entre o inseto *C. Sanguinolenta* e a planta *B. rapa* se faz necessários aprofundar os estudos.

### Teste Estatístico e Análise Multivariada

O teste exato de Friedman resultou em diferenças na variação dos dados de temperatura e umidade comparando início e final do período de estudos ( $p < 0,001$ ). Mas, as diferenças verificadas ao longo do ciclo de cultivo não refletiram no comportamento de *C. sanguinolenta*. Estes resultados reforçam a interpretação, a partir da análise direta, de que o início e final período de estudo podem corresponder a transições de uma condição climática para outra, com relativa estabilidade no meio do período.

Já as diferenças comparando os horários ao longo do dia, para temperatura e umidade, ocorreram especialmente comparando início e meio do dia (período da tarde), principalmente para temperatura (TAP e TAS), e meio e fim do dia, principalmente para a umidade (UAP e UAS) ( $p < 0,001$ ). Os resultados comparando tanto as medidas de posição para cada dia como para cada horário de coleta sugerem que podem ter ocorrido processos que se expressam em diferentes escalas de tempo, como verificado na análise direta dos dados (ver subtópico anterior). Tais diferenças reforçam a importância do ciclo circadiano, não somente para a alternância da radiação (dia e noite), mas também para outros fatores físicos importantes, nesse caso a temperatura e a umidade.

Para entender mais aspectos destas variações a seguir serão explorados os resultados da análise da CPCA. Quanto à análise multivariada (CPCA), os autovalores e a proporção da variância contabilizada indicam que o primeiro componente principal (CP1) resume 45,9% da informação dos dados e o segundo (CP2) 23,6%. Juntos, os dois primeiros CPs resumem 69,5% da informação, explicando maior parte da variação observada nos dados.

A variação nictemeral (Hora) apresentou a maior correlação (negativa) com o primeiro componente principal (CP1), enquanto que a variação entre dias (Data) teve maior correlação (positiva) com o segundo componente principal (CP2) (Tab. 1, Fig. 3). Assim, a variação nictemeral (ao longo do dia) foi mais importante pra explicar a variação dos dados, enquanto a variação ao longo do ciclo de cultivo (entre dias) de importância secundária, mas também relevante. Por outro lado, conforme observado na análise direta, pode ser que o período de estudo tenha coincidido com um período de relativa estabilidade climática. Se isso ocorreu, poderia explicar o score menor da variável Data com o CP1. Por isso, mais estudos são necessários para verificar se as diferenças e variações observadas neste estudo seriam diferentes sob condições climáticas mais variáveis entre dias.

Com relação às duas variáveis microclimáticas (Tab. 1, Fig. 3), a temperatura (Temp) foi a variável com maior correlação com o CP1, mas com fraca correlação com o CP2. Já a umidade (Umid) também teve forte correlação com o CP1, mas correlação negativa relativamente importante com o CP2. A forte correlação da Temp e Umid com o CP1, assim como da Hora, reforçam a importância do ciclo nictemeral para explicar a variação dos dados.

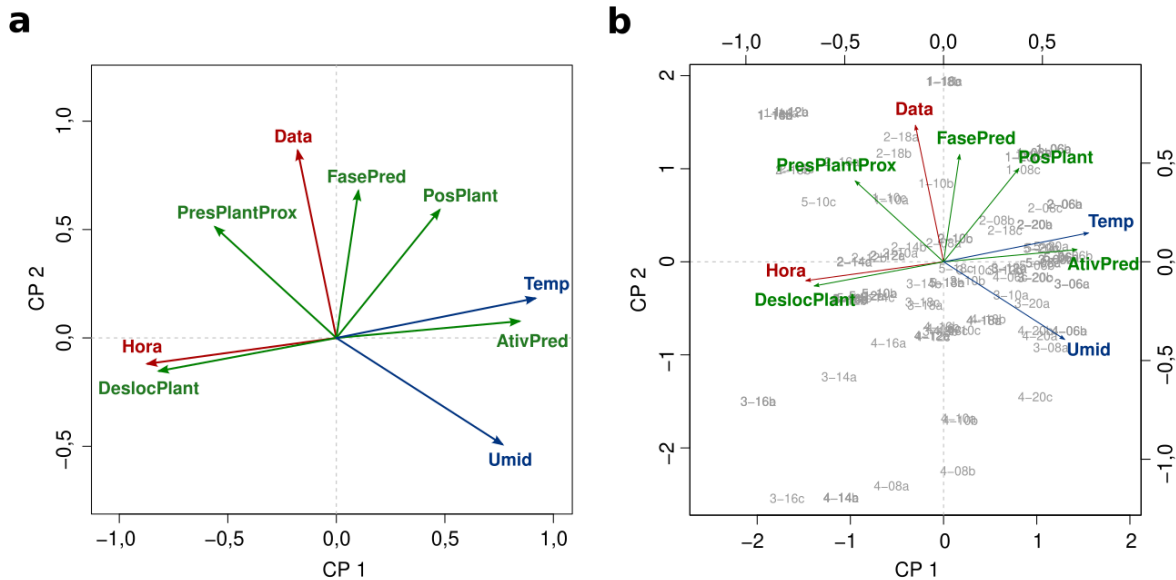
Quanto às variáveis resposta (Tab. 1, Fig. 3), a maior correlação (positiva) com o CP1 foi da AtivPrev, que teve correlação fraca com o CP2. O DeslocPlant apresentou correlação negativa forte com o CP1 e fraca relação com o CP2. Estas duas variáveis (AtivPrev e DeslocPlant) provavelmente estão relacionadas com o ciclo circadiano, como uma adaptação às variações nictemerais.

Como verificado pela análise de dados até aqui, há um forte condicionante ambiental na escala nictemeral. E de fato diversos estudos vem evidenciando a importância do relógio biológico circadiano para a fisiologia e comportamentos dos insetos (e.g., KOŠTÁL, 2011; SAUNDERS, 1970, 2019). Essa importância decorre, dentre outras coisas, de que muitos processos comportamentais e fisiológicos em insetos são influenciados pelos sistemas endócrino e circadiano, que interagem entre si, com implicações inclusive para a reprodução (BLOCH et al., 2013). E para acomodar as mudanças ambientais diárias recorrentes, os

animais apresentam variações cíclicas no comportamento e fisiologia que responde diretamente a certas pistas ambientais (MERROW et al., 2005; PATKE et al., 2019). Parecis-Silva et al. (2016), por exemplo, verificaram que, para ácaros predadores e fitófagos, o ciclo circadiano (nictemeral) não afetou a composição de espécies e a estrutura da comunidade, mas teve efeitos diferenciais na dinâmica populacional. Assim, o ciclo nictemeral pode ser importante para o manejo ecológico de populações de espécies consideradas pragas, como no caso deste estudo.

**Tabela 1.** Escores das variáveis nos dois primeiros Componentes Principais (CP) da Análise de Componentes Principais Categórica (CPCA).

Variáveis	Escore nos Três Primeiros CPs	
	CP1	CP2
<i>Escalas temporais</i>		
Data	-0,178	0,862
Hora	-0,869	-0,119
<i>Variáveis microclimáticas</i>		
Temp	0,915	0,182
Umid	0,764	-0,491
<i>Fatores biológicos e comportamentais</i>		
AtivPrev	0,842	0,077
PosPlant	0,475	0,589
FasePred	0,101	0,676
PresPlantProx	-0,557	0,511
DeslocPlant	-0,816	-0,152
Variáveis: Data = data da coleta, Hora = hora da coleta, Temp = temperatura do ar, Umid = umidade do ar, AtivPred = atividade predominante dos besouros durante a coleta, PosPlant = posição do besouro na planta, FasePred = fase de desenvolvimento do besouro predominante, PresPlantPróx = presença de indivíduos em plantas próximas dos canteiros de cultivo, DeslocPlant = deslocamento de indivíduos entre plantas nos canteiros.		



**Figura 3.** Gráfico *loadplot* com o peso das variáveis para os dois primeiros eixos (a) e biplot (b) com a distribuição das variáveis e unidades amostrais nos dois primeiros componentes principais obtidos na Análise de Componentes Principais Categóricas (ACPC). Variáveis: data da coleta (Data), hora da coleta (Hora), temperatura do ar (Temp), umidade do ar (Umid), atividade predominante dos besouros durante a coleta (AtivPred), posição do besouro na planta (PosPlant), fase de desenvolvimento do besouro predominante (FasePred), presença de indivíduos em plantas próximas dos canteiros de cultivo (PresPlantProx), deslocamento de indivíduos entre plantas nos canteiros (DeslocPlant).

A PresPlantProx, por sua vez, foi a terceira variável mais correlacionada com o CP1. Entretanto, também apresentou correlação forte com o CP2 (Tab. 1, Fig. 3). Por isso, pode ser uma atividade importante nas duas escalas de análise. Talvez exista ainda uma relação com a umidade uma vez que estas duas variáveis apresentaram forte correlação com os dois primeiros CPs. Por serem organismos pequenos e ectotérmicos, podem precisar com frequência regular a temperatura e a umidade corporal buscando locais com maior ou menor umidade e temperatura.

A PosPlant apresentou a segunda maior correlação com o CP2, porém com correlação importante com o CP1 (Tab. 1, Fig. 3). Este pode ser um comportamento também relacionado às duas escalas temporais, porém com maior importância para a variação entre dias. Assim, dependendo da fase do ciclo de vida do inseto e da planta hospedeira, os indivíduos tendem a se concentrar em uma parte da planta. Porém, como a PresPlantProx, este também pode ser

um comportamento adaptado à regulação da umidade (e temperatura), sendo uma variável complexa que precisa ser mais estudada.

De fato, há uma série de microclimas variáveis no solo, na vegetação e no ambiente aéreo em que os insetos podem encontrar sua temperatura ideal, transitando entre os diferentes microhabitats na busca por microclimas mais favoráveis na medida em que o clima muda para evitar o superaquecimento (ANDREW e TERBLANCHE, 2013). Portanto, há diversos fatores que podem gerar variação do clima em pequena escala, e os insetos, como organismos ectotérmicos, dependem da capacidade de amortecer o estresse do clima, que pode variar entre os diferentes estágios ontogênicos do inseto (TERBLANCHE et al., 2015). Para tanto, os insetos são capazes de sentir variações na temperatura e umidade e podem usar meios comportamentais e fisiológicos para a otimização da temperatura e umidade do organismo (CHOWN e TERBLANCHE, 2006).

Considerando que *C. sanguinolenta* é uma espécie de estepe (KAJTOCH et al., 2015), sua presença observada em manchas de vegetação adjacentes, frequentemente manchas arbustivas ou bosque, reforça a hipótese de comportamento voltado à regulação da temperatura e umidade corporal, pois estes não são ambientes típicos onde a espécie encontra nichos para alimentação, reprodução, etc.

A FasePred foi a variável dependente com maior correlação com o CP2, e com fraca correlação com o CP1. É, portanto, importante para a variação entre dias (ao longo do ciclo de cultivo), concordando com a análise direta. Considerando também que o período de cópula ocorreu mais ou menos no meio do ciclo de cultivo (Fig. 2a), e que a fase larval coincide com o período logo após ao de maior atividade reprodutiva (Fig. 2a,e), e que o forrageamento é maior no início e final do ciclo de cultivo, os resultados apontam para uma possível sincronização do ciclo de vida de *C. sanguinolenta* com o da planta hospedeira (*B. rapa*).

A importância do sincronismo inseto-planta hospedeira já é estudado há décadas e foi verificada para diferentes grupos, como lepidópteros, dípteros, hemípteros e coleópteros, dentre outros (e.g., CHIPPENDALE, 1982; FUENTEALBA et al., 2017; MAGALHÃES et

al., 2014; YUKAWA e AKIMOTO, 2005). Escalas temporais como intra e interanual, sazonal e mudanças diárias (e.g., CHIPPENDALE, 1982; FAGUNDES, 2014; YUKAWA e AKIMOTO, 2005) foram estudadas, revelando a amplitude do tema. E os estudos revelam que mudanças no ciclo de vida do hospedeiro podem influenciar o ciclo de vida, distribuição e abundância do inseto (PFEFFER et al., 2018; YUKAWA e AKIMOTO, 2005), determinar a qualidade e a quantidade dos recursos alimentares e afetar a ligação preferência-desempenho e a abundância dos herbívoros (YUKAWA, 2000).

### Notas quanto ao manejo ecológico

Num primeiro levantamento bibliográfico não foram encontrados estudos que permitissem estabelecer comparações diretas com a espécie alvo desta pesquisa, *C. sanguinolenta* versus *B. rapa*, mostrando que há uma lacuna nos estudos sobre a autoecologia de insetos-praga em agroecossistemas. Estudos ecológicos tem focado aspectos mais específicos da biologia e taxonomia dos besouros desfolhadores, como defesas químicas (e.g., CHABOO, 2011), modo de alimentação (e.g., BIENKOWSKI, 2010), relação com hospedeiros específicos (e.g., BRIESE et al., 1994), estrutura da comunidade de insetos daninhos (e.g., HOLDAWAY, 1944; MILLÉO et al., 2007) e inimigos naturais (e.g., LU et al., 2014; VENZON et al., 2020).

Os estudos sobre manejo de organismos daninhos em cultivo orgânico focam majoritariamente as características, fases e métodos do cultivo (e.g., EL-SHAFFI, 2019; WATSON et al., 2002). Por isso, estudo que focam a autoecologia dos organismos daninhos (e benéficos também) em agroecossistemas e sua relação com a planta hospedeira são importantes.

O organismo daninho é considerado normalmente uma externalidade imprevisível, e não como parte do agroecossistema. Por exemplo, Zehender et al. (2006) propõem uma estratégia de manejo com maior prioridade a medidas preventivas indiretas no início do processo/cultivo, seguidas por medidas mais diretas e curativas, conforme necessário, que deem aos agricultores a capacidade de reagir rapidamente quando as populações de pragas

umentam. Tal estratégia é baseada no ciclo de cultivo e tem um caráter reativo. Conhecendo os padrões de comportamento e ciclo de vida dos insetos daninhos, estes podem ser mais previsíveis e antecipados, permitindo abordagens preventivas mais efetivas e de base ecológica.

Além disso, estudos ecológicos podem contribuir para minimizar a necessidade de medidas de controle (ZEHNDER et al., 2006) e potencializar a produtividade de agroecossistemas. E as crescentes pressões econômicas e ambientais exigem a adoção de medidas de proteção de cultivos mais precisas, o que requer previsões mais precisas de populações de organismos nocivos (HUGHES, 1996)<sup>1</sup>.

Ao planejar medidas de manejo, considerar os padrões de comportamento dos insetos daninhos, como os observados neste estudo, os quais incluem períodos de maior ou menor atividade, recolhimento, deslocamento, etc., pode ser interessante para minimizar esforços e melhorar a eficiência do manejo. Os padrões observados ao longo do dia, por exemplo, podem subsidiar a adoção de estratégias e técnicas de controle para diferentes horários do dia. Da mesma forma, os padrões identificados ao longo do ciclo de vida/cultivo e o sincronismo do organismo daninho com o ciclo de vida da planta hospedeira podem contribuir para decisões sobre quais métodos adotar e como distribuí-los temporalmente desde o plantio até a colheita.

## CONCLUSÕES

O comportamento de *C. sanguinolenta* apresentou relação com a variação da temperatura e umidade ao longo do dia e o seu desenvolvimento ontogênico e ciclo reprodutivo foi sincronizado com o ciclo de cultivo da planta hospedeira (*B. rapa*). A atividade de forrageamento ocorreu principalmente no final do dia e início e final do ciclo de cultivo. O período reprodutivo ocorreu no meio do ciclo de cultivo, mais intensamente na terceira semana. A espécie *C. sanguinolenta* mostrou-se relativamente sedentária, permanecendo

---

1 Não confundir com agricultura de precisão da agricultura industrial da Revolução Verde.



relativamente restrita aos canteiros de cultivo durante o ciclo de vida da cultivar, com deslocamentos eventuais para fora dos canteiros nos períodos mais quentes do dia.

Contudo, mais estudos são necessários para verificar se este ajuste é específico em relação à planta hospedeira (*B. rapa*) ou se o mesmo organismo (*C. sanguinolenta*) pode modular seu comportamento para outros cultivares através de sua plasticidade adaptativa. Além disso, estudos de outras espécies, em nível de comunidade, em condições ambientais diferentes precisam ser conduzidos. Não obstante, os padrões observados e aqui apresentados podem servir para subsidiar decisões sobre planejamento, estratégias e técnicas de manejo de *C. sanguinolenta* em cultivos de *B. rapa*.

## AGRADECIMENTO

Ao Sr. Jelson Turetta pela permissão de realização da pesquisa em sua propriedade e por proporcionar suporte as atividades.

## REFERÊNCIAS

- ABANG, Albert F.; KOUAMÉ, Christophe M.; ABANG, Mathew; HANNA, Rachid; FOTSO, Apollin K. Assessing vegetable farmer knowledge of diseases and insect pests of vegetable and management practices under tropical conditions. **International Journal of Vegetable Science**, v. 20, n. 3, p. 240–253, 2014.
- ALMEIDA, Lúcia M. De; RIBEIRO-CASTA, Cibele S.; MARINONI, Luciane. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Rio Preto, SP: Holos, 2003.
- ANDREW, Nigel R.; TERBLANCHE, John S. The response of insects to climate change. In: SALINGER, JIM (Org.). **Living in a warmer world: How a changing climate will affect our lives**. Melbourne, Vic: CSIRO Publishing, 2013. p. 38–50.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo, SP: Edições 70, 2011.
- BARKIN, David. **Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable**. Ciudad de México: Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo, 1998.
- BAUR, Bruno; CORAY, Armin; MINORETTI, Nicole; ZSCHOKKE, Samuel. Dispersal of the endangered flightless beetle *Dorcadion fuliginator* (Coleoptera: Cerambycidae) in spatially realistic landscapes. **Biological Conservation**, v. 124, n. 1, p. 49-61, 2005.
- BIENKOWSKI, Andrzej O. Feeding behavior of leaf beetles (Coleoptera, Chrysomelidae). **Entomological Review**, v. 90, n. 1–10, p. 1471–1480, 2010.

BLOCH, Guy; HAZAN, Esther; RAFAELI, Ada. Circadian rhythms and endocrine functions in adult insects. **Journal of Insect Physiology journal**, v. 59, n. 1, p. 56–69, 2013.

BRIESE, David T.; SHEPPARD, Andy W.; ZWÖLFER, Helmut; BOLDT, Paul E. Structure of the phytophagous insect fauna of Onopordum thistles in the northern Mediterranean basin. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 53, n. 3, p. 231–253, 1994.

CARROLL, Ian T.; CARDINALE, Bradley J.; NISBET, Roger M. Niche and fitness differences relate the maintenance of diversity to ecosystem function. **Ecology**, v. 92, n. 5, p. 1157–1165, 2011.

CHABOO, Caroline S. Defensive behaviors in leaf beetles: From the unusual to the weird. In: VIVANCO, JORGE M.; WEIR, TIFFANY (Org.). **Chemical biology of the tropics: An interdisciplinary approach (V. 8)**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. p. 59–69.

CHIPPENDALE, G. Michael. Insect diapause, the seasonal synchronization of life cycles, and management strategies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 31, n. 1, p. 24–35, 1982.

CHOWN, Steven L.; TERBLANCHE, John S. Physiological diversity in insects: Ecological and evolutionary contexts. **Advances in Insect Physiology**, v. 33, p. 50–152, 2006.

COSTA, Emerson L. N.; SILVA, Rebeca F. P.; FIÚZA, Lidia M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 2, p. 173–185, 2004.

DANGLES, Olivier; MALMQVIST, Björn. Species richness–decomposition relationships depend on species dominance. **Ecology Letters**, v. 7, n. 5, p. 395–402, 2004.

EISINGA, Rob; HESKES, Tom; PELZER, Ben; TE GROTENHUIS, Manfred. Exact *p*-values for pairwise comparison of Friedman rank sums, with application to comparing classifiers. **BMC Bioinformatics**, v. 18, n. 68, p. 1–18, 2017.

EL-SHAFIE, Hamadttu Abdel Farag. Insect pest management in organic farming system. In: MOUDRÝ, Jan; MENDES, Kassio F.; BERNAS, Jaroslav; TEIXEIRA, Rafael da S. & SOUSA, Rodrigo N. de. **Multifunctionality and impacts of organic and conventional agriculture**, p. 1-20, 2019.

FAGUNDES, Marcilio. Galling insect community associated with *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): The role of inter- and intra-annual host plant phenology. In: FERNANDES, G. W.; SANTOS, J. C. (Org.). **Neotropical Insect Galls**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 163–177.

FRENZEL, Mark; BRANDL, Roland. Diversity and composition of phytophagous insect guilds on Brassicaceae. **Oecologia**, v. 113, n. 3, p. 391–399, 1998.

FUENTEALBA, Alvaro; PURESWARAN, Deepa; BAUCE, Éric; DESPLAND, Emma. How does synchrony with host plant affect the performance of an outbreaking insect defoliator? **Oecologia**, v. 184, n. 4, p. 847–857, 2017.

FUTUYMA, Douglas J.; GOULD, Fred. Associations of plants and insects in deciduous forest. **Ecological Monographs**, v. 49, n. 1, p. 33-50, 1979.

GIFI, Albert. **Nonlinear Multivariate Analysis**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1990.

GOMIERO, Tiziano; PIMENTEL, David; PAOLETTI, Maurizio G. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 30, p. 95–124, 2011.

HERZIG, Ann L. Effects of population density on long-distance dispersal in the goldenrod beetle *Trirhabda virgata*. **Ecology**, v. 76, n. 7, p. 2044–2054, 1995.

HOFFMANN, Michael P.; ROBINSON, Richard W.; KYLE, Margaret M.; KIRKWYLAND, Jonathan J. Defoliation and infestation of Cucurbita pepo genotypes by diabroticite beetles. **HortScience**, v. 31, n. 3, p. 439–442, 1996.

HOLDAWAY, Frederick G. Insects of Vegetable Crops in Hawaii Today. **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, v. 12, n. 1, p. 59–80, 1944.

HUGHES, Gareth. Incorporating spatial pattern of harmful organisms into crop loss models. **Crop Protection**, v. 15, n. 5, p. 407–421, 1996.

KAJTOCH, Łukasz; KUBISZ, Daniel; HEISE, Waldemar; MAZUR, Miłosz A.; BABIK, Wiesław. Plant-herbivorous beetle networks: Molecular characterization of trophic ecology within a threatened steppic environment. **Molecular Ecology**, v. 24, n. 15, p. 4023–4038, 2015.

KOŠTÁL, Vladimír. Insect photoperiodic calendar and circadian clock: Independence, cooperation, or unity? **Journal of Insect Physiology**, v. 57, n. 5, p. 538–556, 2011.

KUCZYK, Josephine; MÜLLER, Caroline; FISCHER, Klaus. Plant-mediated indirect effects of climate change on an insect herbivore. **Basic and Applied Ecology**, v. 53, p. 100–113, 2021.

LAUMANN, Raul A.; RIBEIRO, Paulo H.; RAMOS, Neiva; PIRES, Carmen S. S.; SCHMIDT, Francisco G. V.; BORGES, Miguel; MORAIS, Maria C. B.; SUJI, Edison R. Ritmos diários de atividades comportamentais de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) relacionados à temperatura. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Comunicado técnico**, v. 90, p. 1–6, 2003.

LU, Zhong-Xian; ZHU, Ping-Yang; GURR, Geoff M.; ZHENG, Xu-Song; READ, Donna M. Y.; HEONG, Kong-Luen; YANG, Ya-Jun; XU, Hong-Xing. Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests: Prospects for enhanced use in agriculture. **Insect Science**, v. 21, n. 1, p. 1–12, 2014.

MAGALHÃES, Thiago A.; OLIVEIRA, Denis C.; ISAIAS, Rosy M. S. Population dynamics of the gall inducer *Eriogallococcus isaias* (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) on *Pseudobombax grandiflorum* (Malvaceae). **Journal of Natural History**, v. 49, n. 13–14, p. 789–801, 2014.

MASON, James; ALFORD, Adam M.; KUCHAR, Thomas P. Flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations, effects of feeding injury, and efficacy of insecticide treatments on eggplant and cabbage in Southwest Virginia. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 2, p. 887–895, 2020.

MERROW, Martha; SPOELSTRA, Kamiel; ROENNEBERG, Till. The circadian cycle: Daily rhythms from behaviour to genes. **EMBO Reports**, v. 6, n. 10, p. 930–935, 2005.

MILLÉO, Julianne; SOUZA, Jana M. T. De; CASTRO, Jonathan P.; CORRÊA, Geovan H. Coccinelídeos (Insecta, Coleoptera) presentes em hortaliças (Ponta Grossa – PR). **Publication UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 13, n. 02, p. 71–80, 2007.

PARECIS-SILVA, Paulo V.; NUVOLONI, Felipe M.; FERES, Reinaldo J. F. Day vs. night: the importance of the circadian cycle over metacommunities and predator-prey densities. **International Journal of Acarology**, v. 42, n. 3, p. 141–148, 2016.

PATKE, Alina; YOUNG, Michael W.; AXELROD, Sofia. Molecular mechanisms and physiological importance of circadian rhythms. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 21, p. 67–84, 2019.

PATOLE, Shatrughna S. Review on Beetles (Coleoptera): An Agricultural Major Crop Pests of the World. **International Journal of Life Sciences Scientific Research**, v. 3, n. 6, p. 1424–1432, 2017.

PFEFFER, Luana; REZENDE, Uiara C.; BARÔNIO, Gudryan J.; DE OLIVEIRA, Denis C. Building two houses on a single host plant: Galling insect synchronizes its life cycle with plant phenology. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 04, p. 438–448, 2018.

PINCEBOURDE, Sylvain; VAN BAAREN, Joan; RASMANN, Sergio; RASMONT, Pierre; RODET, Guy; MARTINET, Baptiste & CALATAYUD, Paul-André. Plant–insect interactions in a changing world. In: SAUVION, Nicolas; THIÉRY, Denis & CALATAYUD, Paul-André. **Advances in Botanical Research**. Academic Press: Cambridge, 2017. p. 289–332.

RAZA, Ali; HAFEEZ, Muhammad B.; ZAHRA, Noreen; SHAUKAT, Kanval; UMBREEN, Shaheena; TABASSUM, Javaria; CHARAGH, Sidra; KHAN, Rao S. A.; HASANUZZAMAN, Mirza. The plant family Brassicaceae: Introduction, biology, and importance. In: HASANUZZAMAN, MIRZA (Org.). **The Plant Family Brassicaceae**. Singapore: Springer, 2020. p. 1–43.

- REDCLIFT, Michael; GOODMAN, David. **The machinery of hunger: the crisis of Latin American food systems**. Manchester: Manchester University, 1991.
- SAUNDERS, David S. Circadian Clock in Insect Photoperiodism. **Science**, v. 168, n. 3931, p. 601–603, 1970.
- SAUNDERS, David S. Dormancy, diapause, and the role of the circadian system in insect photoperiodism. **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 373–389, 2019.
- SHARMA, Smriti; KOONER, Rubaljot; ARORA, Ramesh. Insect Pests and Crop Losses. **Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture**, p. 45–66, 2017.
- TERBLANCHE, John S.; KARSTEN, Minette; MITCHELL, Katherine A.; BARTON, Madeleine G.; GIBERT, Patricia. Physiological variation of insects in agricultural landscapes: Potential impacts of climate change. In: BJÖRKMAN, CHRISTER; NIEMELÄ, PEKKA (Org.). **Climate change and insect pests**. Boston, MA: CABI climate change series, 2015. p. 92–118.
- VALENZUELA, Hector. Agroecology: A global paradigm to challenge mainstream industrial agriculture. **Horticulturae**, v. 2, n. 1, p. 2, 2016.
- VENZON, Madelaine; TOGNI, Pedro H. B.; PEREZ, André L.; OLIVEIRA, Juliana M. Control of two-spotted spider mites with neem-based products on a leafy vegetable. **Crop Protection**, v. 128, p. 105006, 2020.
- VORSAH, Roger V.; DINGHA, Beatrice N.; GYAWALY, Sudan; FREMAH, Sarah A.; SHARMA, Harmandeep; BHOWMIK, Arnab; WORKU, Mulumebet; JACKAI, Louis E. Organic mulch increases insect herbivory by the flea beetle species, *Disonycha glabrata*, on *Amaranthus* spp. **Insects**, v. 11, n. 3, p. 1–25, 2020.
- WATERS, Colin N.; ZALASIEWICZ, Jan A.; WILLIAMS, Mark; ELLIS, Michael A.; SNELLING, Andrea M. A stratigraphical basis for the Anthropocene? **Geological Society, London, Special Publications**, v. 395, n. 1, p. 1–21, 2014.
- WATSON, Christine A.; ATKINSON, David; GOSLING, Poul; JACKSON, Lorna R. & RAYNS, Francis. Managing soil fertility in organic farming systems. **Soil use and management**, v. 18, p. 239–247, 2002.
- WHALEN, Rebecca; HARMON, Jason P. Rag1 aphid resistant soybeans alter the movement and distribution of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae). **Environmental entomology**, v. 41, n. 6, p. 1426–1434, 2012.
- YUKAWA, Junichi. Synchronization of galls with host plant phenology. **Population Ecology**, v. 42, n. 2, p. 105–113, 2000.
- YUKAWA, Junichi; AKIMOTO, Kazuhiko. Influence of synchronization between adult emergence and host plant phenology on the population density of *Pseudasphondylia neolitseae* (Diptera: Cecidomyiidae) inducing leaf galls on *Neolitsea sericea* (Lauraceae). **Population Ecology**, v. 48, n. 1, p. 13–21, 2005.
- ZEHNDER, Geoff; GURR, Geoff M.; KÜHNE, Stefan; WADE, Mark R.; WRATTEN, Steve D.; WYSS, Eric. Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**, v. 22, n. 6, p. 57–80, 2006.