

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

A pressão barométrica e sua relação com o comportamento predatório e a
produção de feromônio em insetos

Kamila Emmanuella Xavier de Azevedo

Tese apresentada para obtenção do título Doutora em
Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2023

Kamila Emmanuella Xavier de Azevedo
Engenheira Agrônoma

A pressão barométrica e sua relação com o comportamento predatório e a produção de
feromônio em insetos

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ MAURÍCIO SIMÕES BENTO

Tese apresentada para obtenção do título Doutora em
Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Azevedo, Kamila Emmanuella Xavier de

A pressão barométrica e sua relação com o comportamento predatório e a produção de feromônio em insetos / Kamila Emmanuella Xavier de Azevedo. - - Piracicaba, 2023.

63 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Controle biológico 2. Comunicação química 3. Fatores abióticos 4. Pressão atmosférica I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese ao meu avô Francisco Canela de Azevedo (*in memoriam*), pelos incentivos que recebi.

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre ao meu lado dando-me força, perseverança e iluminando-me na caminhada.

Aos meus pais, Emanuel e Telma, e aos meus irmãos, Léo, Lucas e Clara, às minhas avós, Marias de Lourdes e toda a minha família, por todo apoio e carinho.

Ao Prof. Dr. José Maurício Simões Bentos, pela orientação, ensinamentos, confiança e suporte no desenvolvimento desta tese.

Ao Programa de Pós-Graduação de Entomologia e o Departamento de Entomologia e Acarologia da Esalq/USP pela oportunidade em fazer o curso de doutorado e pela infraestrutura oferecida. Aos professores pelos conhecimentos transmitidos e aos funcionários por todo auxílio.

À todos os membros do Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos (Esalq/USP) pelo compartilhamento de conhecimentos e pelas conversas sempre acompanhadas de café. Agradeço a Amanda, Arodi, Denise, Diego Magalhães, Diego Silva, Felipe Chagas, Felipe Goulart, Fernando Madalon, Fernando Sujimoto, Flávia, Franciele, Gustavo, Heloísa, Hugo, João, Kaelly, Keyvillen, Leonardo, Liz Regina, Lucas, Marvin, Maycon, Paolo, Sheron, Thiago e Welinton.

Ao Laboratório de Biologia de Insetos (Esalq/USP) e ao Prof. Dr. José Roberto Postali Parra por todo suporte com as criações e fornecimentos de insetos. À Neide Graciano Zério, que além de sua ajuda inestimável durante meu doutorado, é um modelo de profissional que levarei pela minha vida.

Ao Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (UFLA) e à Professora Dra. Brígida Souza, bem como a Jailma Santos (Esalq/USP), pelo fornecimento dos ovos de *Chrysoperla externa* para o início da criação.

À Patrícia Sanches, Camila Costa e ao Erick por toda assistência com a câmara barométrica.

À Rafael de Andrade Moral pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Diego Magalhães e a Flávia Franco, pela assistência nos experimentos e na escrita desta tese. Sou grata pelos incentivos, paciência e conhecimentos passados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da bolsa de estudo.

Aos meus amigos que foram minha família aqui em Piracicaba. Por todo suporte, pelas conversas, pelas risadas e pelo acolhimento.

Aos meus amigos do Ministério de Universidades Renovadas (MUR) de Piracicaba, que me apoiaram, ajudaram e não me deixaram desanimar perante as dificuldades.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1 INTRODUÇÃO GERAL	8
REFERÊNCIAS	9
2 WEATHERING THE HUNT: THE ROLE OF BAROMETRIC PRESSURE IN PREDATOR INSECTS' FORAGING BEHAVIOUR	12
ABSTRACT	12
2.1 INTRODUCTION.....	12
3 A PRESSÃO BAROMÉTRICA E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO DE FEROMÔNIO EM INSETOS	23
RESUMO	23
ABSTRACT	23
3.1 INTRODUÇÃO	23
REFERÊNCIAS	26
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32

RESUMO

A pressão barométrica e sua relação com o comportamento predatório e a produção de feromônio em insetos

Os insetos constituem um grupo de organismos que possuem uma grande diversidade e suas adaptações as condições adversas podem estar relacionadas à sua capacidade de perceber mudanças no ambiente, até mesmo as de caráter sutil. Mudanças na pressão barométrica podem ser um importante indicador para os insetos quanto às condições ambientais, devido à sua influência em outros fatores, como temperatura, vento, luminosidade e precipitação. A pressão barométrica diminui previsivelmente antes de condições meteorológicas adversas, e muitos estudos evidenciaram que os animais alteram o comportamento com base nessas mudanças. Chuvas e ventos fortes podem inibir o forrageamento e a comunicação química em insetos, limitando a ingestão de energia, a busca por hospedeiros e o acasalamento. Dada a influência da pressão no comportamento dos insetos, foram avaliados diferentes regimes de pressão barométrica (alta, média e baixa) na atividade de forrageamento de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), e *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Adicionalmente, investigou-se o forrageamento de *D. luteipes* e *E. connexa* em diferentes estágios de vida para as variações nos regimes de pressão. O efeito da condição da pressão barométrica na síntese e emissão de feromônios em *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) também foi avaliado. Os resultados demonstraram que o comportamento de forrageamento de *D. luteipes*, *E. connexa* e *C. externa* foram afetados pela pressão barométrica. Além disso, verificou-se que insetos hemimetábolos (*D. luteipes*) e holometábolos (*E. connexa*) em diferentes estágios da vida respondem de modo distinto à variação da pressão barométrica. Ademais, foi demonstrado que a emissão de feromônio de *A. grandis*, *E. heros* e *H. armigera* é influenciada pela condição da pressão. Essas mudanças refletiram em alterações na síntese do feromônio sexual de *H. armigera*. E do feromônio de agregação de *A. grandis*. Os resultados destacam a influência da pressão barométrica em atividades-chave em diferentes táxons de insetos.

Palavras-chave: Controle biológico, Comunicação química, Fatores abióticos, Pressão atmosférica

ABSTRACT

Barometric pressure and its relationship with predatory behavior and pheromone production in insects

Insects represent a diverse group of organisms, and their ability to adapt to adverse conditions may be related to their capacity to perceive even subtle changes in the environment. Changes in barometric pressure serve as a crucial indicator for insects, providing insights into environmental conditions influenced by other factors such as temperature, wind, luminosity, and precipitation. Barometric pressure consistently decreases preceding adverse weather conditions, and numerous studies have shown that animals alter their behaviour based on these changes. Heavy rains and strong winds can reduce foraging and chemical communication in insects, limiting energy intake, the search for hosts, and mating. Given the influence of pressure on insect behaviour, different barometric pressure regimes (high, medium, and low) were evaluated in the foraging activity of *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), and *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Furthermore, we investigated the foraging behaviour of *D. luteipes* and *E. connexa* at different life stages in response to variations in pressure regimes. The effect of barometric pressure on the synthesis and emission of pheromones in *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae), and *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) was also assessed. The results demonstrated that the foraging behaviour of *D. luteipes*, *E. connexa*, and *C. externa* was affected by barometric pressure. It was observed that hemimetabolous insects (*D. luteipes*) and holometabolous insects (*E. connexa*) at different life stages respond differently to variations in barometric pressure. Additionally, it was shown that the emission of pheromones by *A. grandis*, *E. heros*, and *H. armigera* is influenced by barometric pressure conditions. These changes were reflected in alterations in the synthesis of the sex pheromone of *H. armigera* and the aggregation pheromone of *A. grandis*. The results highlight the influence of barometric pressure on key activities in different taxa of insects.

Keywords: Biological control, Chemical communication, Abiotic factors, Atmospheric pressure

1 INTRODUÇÃO GERAL

Fatores abióticos, como temperatura, umidade, vento, radiação e pressão barométrica, exercem grande influência sobre o comportamento e a sobrevivência dos insetos. As mudanças nas condições meteorológicas afetam diversas atividades dos insetos, os quais são capazes de utilizar pistas ambientais para reduzir os riscos e danos decorrentes do mau tempo (Wellington, 1946; Pellegrino et al., 2013). Um preditor conhecido das condições meteorológicas, tanto para vertebrados quanto para invertebrados, é a pressão barométrica (Breuner et al., 2013; Wellington, 1946; Pellegrino et al., 2013). A pressão barométrica é definida como a força exercida pelo ar sobre uma superfície (Lazaridis, 2011). Geralmente, o aumento da pressão está relacionado a dias ensolarados e de céu aberto (Lutgens & Tarbuck, 2012). Enquanto, a formação de chuvas e ventos fortes são precedidos pela queda da pressão, que pode reduzir de 3 a 12 mbar ao longo de 24 a 72 h, dependendo das características geográficas do local (Saucier, 2003; Le Blancq, 2011).

Estudos mostram que uma variedade de táxons de insetos usa a pressão barométrica como uma pista confiável frente a iminência de condições adversas no ambiente. Fêmeas de *Drosophila melanogaster* (Ashima Chen) (Diptera: Drosophilidae), por exemplo, aprendem mais rápido o comportamento de “mate copying” (i.e. indivíduos inexperientes, escolhem parceiros com base em informações ou imitam a escolha de outros indivíduos) em condições de pressão barométrica alta (Dagaeff et al., 2016). Nos gafanhotos *Tetrix tenuicornis* (Sahlberg) (Orthoptera: Tetrigidae), a queda da pressão leva a uma busca mais ativa por microhabitats com maior cobertura (Musiolek & Kočárek, 2016). Os curculionídeos *Dendroctonus pseudotsugae* (Hopkins) (Coleoptera: Curculionidae) e *Trypodendron lineatum* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) apresentam uma redução na iniciação e persistência do voo em dias com pressão baixa (Bennet & Borden, 1971). Em *Pseudaletia unipuncta* (Haworth) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae), a elevação da pressão proporciona uma maior frequência no comportamento de chamamento e de cópula (Pellegrino et al., 2013). Em formigas cortadeiras, *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae), a redução da pressão aumenta a eficiência de forrageamento (Sujimoto et al., 2020). As abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus) (Hymenoptera: Apidae), por sua vez, aumentam o tempo de forragemaneto quando notam uma mudança na pressão associada à chegada de tempestades (He et al., 2016).

A pressão barométrica pode ter um impacto significativo nos programas de controle biológico que envolvem insetos predadores e parasitoides (Rousse et al., 2009; Vosteen et al., 2020). Isso porque ela desempenha um papel relevante na sincronização de atividade dos insetos entomófagos com seus hospedeiros ou presas, na distribuição espacial e na disponibilidade de alimentos. Além disso, condições meteorológicas desfavoráveis podem influenciar a aptidão do indivíduo, aumentando suas chances de mortalidade (Fink & Völkl, 1995; Gillot, 2005). Já foi observado que a pressão barométrica pode afetar o comportamento de agentes de controle biológico, principalmente parasitoides. Por exemplo, o parasitoide *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) apresenta menor atividade de voo associada à queda da pressão barométrica (Rousse et al., 2009). Em *Aphidius nigripes* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), as oscilações na pressão barométrica limitam a capacidade de voo e a comunicação química, com menor atração dos machos pelas fêmeas durante as bruscas mudanças na pressão (Marchand & McNeil, 2000). A orientação na busca por hospedeiros também pode ser comprometida pelas variações na pressão barométrica, tanto acima quanto abaixo do solo. Em ambientes subterrâneos, o ectoparasitoide larval *Mallophora ruficauda* (Wiedemann) (Diptera: Asilidae) reduz sua orientação em direção às pistas químicas do seu hospedeiro, larvas de *Cyclocephala signaticollis* (Burmeister) (Coleoptera: Scarabaeidae), quando a pressão barométrica cai (Crespo & Castelo, 2012). Um padrão semelhante foi observado acima do solo, onde o parasitoide *Cotesia glomerata* (Linnaeus) (Hymenoptera: Braconidae) foi mais atraído pelos voláteis de planta induzidos pela herbivoria de seu hospedeiro em condições de pressão

barométrica alta em comparação com os dias de pressão baixa (Steinberg et al., 1992). No entanto, os efeitos da pressão barométrica para insetos predadores são pouco estudados, e muitos estudos envolvendo organismos predadores estão relacionados com morcegos insetívoros, tubarões e aves, demonstrando que mudanças na pressão podem afetar suas atividades biológicas e as taxas metabólicas e fisiológicas (Heupel et al., 2003; Breuner et al., 2013; Bender & Hartman, 2015).

Poucos estudos têm abordado a influência da pressão na comunicação química via feromônios em insetos. Contudo, os poucos trabalhos abordando este tema indicam que a variação da pressão é detectada pelos insetos, permitindo que ajustem seu comportamento de acordo com as condições meteorológicas. Por exemplo, os machos de *A. nigripes* são menos responsivos ao feromônio das fêmeas em momentos de elevação e queda acentuada da pressão barométrica (Marchand & McNeil, 2000). Em outro grupo de insetos, os escolitíneos *Scolytus multistriatus* (Marsh) (Coleoptera: Scolytidae) e *Ips pini* (Say) (Coleoptera: Scolytidae), alterações na pressão causam uma redução nas repostas aos seus feromônios de agregação (Lanier & Burns, 1978). Nesse contexto, compreender a relação desse fator abiótico com os parâmetros ecológicos, comportamentais e fisiológicos dos insetos é de grande relevância, uma vez que ele desempenha um importante papel na modulação das condições ambientais.

A pressão barométrica, como um elemento dinâmico que modula outros componentes meteorológicos, pode desencadear respostas nos insetos, modificando seu comportamento. Essa interação entre a pressão e os insetos revela um campo de pesquisa promissor e ainda pouco explorado. Nesse sentido, esse estudo investigou a relação entre a pressão barométrica e dois aspectos cruciais na vida dos insetos: o comportamento de forrageamento de insetos predadores e a produção de feromônios em insetos fitófagos de importância agrícola. Os objetivos da tese foram:

- a) Avaliar o efeito de diferentes condições da pressão barométrica (i.e. alta, média e baixa) no comportamento de forrageamento de predadores pertencentes a diferentes ordens de insetos, incluindo: *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) e *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae); e
- b) Avaliar a influência de diferentes condições da pressão barométrica (i.e. alta, média e baixa) na síntese e emissão dos feromônios sexuais de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae) e do feromônio de agregação de *Antbonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae).

Referências

- Bender, M. J., & Hartman, G. D. (2015). Bat activity increases with barometric pressure and temperature during autumn in central Georgia. *Southeastern naturalist*, 14 (2), 231-243. <https://doi.org/10.1656/058.014.0203>
- Bennett, R. B., & Borden, J. H. (1971). Flight arrestment of tethered *Dendroctonus pseudotsugae* and *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae) in response to olfactory stimuli. *Annals of the Entomological Society of America*, 64(6), 1273-1286. <https://doi.org/10.1093/aesa/64.6.1273>
- Breuner, C. W., Sprague, R. S., Patterson, S. H., & Woods, H. A. (2013). Environment, behavior and physiology: do birds use barometric pressure to predict storms?. *Journal of Experimental Biology*, 216(11), 1982-1990. <https://doi.org/10.1242/jeb.081067>
- Crespo, J. E., & Castelo, M. K. (2012). Barometric pressure influences host-orientation behavior in the larva of a dipteran ectoparasitoid. *Journal of Insect Physiology*, 58(12), 1562-1567. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.09.010>

- Dagaëff, A. C., Pocheville, A., Nöbel, S., Loyau, A., Isabel, G., & Danchin, E. (2016). *Drosophila* mate copying correlates with atmospheric pressure in a speed learning situation. *Animal behaviour*, 121, 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.08.022>
- Fink, U., & Völkl, W. (1995). The effect of abiotic factors on foraging and oviposition success of the aphid parasitoid, *Aphidius rosae*. *Oecologia*, 103, 371–378. <https://doi.org/10.1007/BF00328627>
- Gillot, C., 2005. Entomology. Springer Science & Business Media
- He, X. J., Tian, L. Q., Wu, X. B., & Zeng, Z. J. (2016). RFID monitoring indicates honeybees work harder before a rainy day. *Insect science*, 23(1), 157-159. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12298>
- Heupel, M. R., Simpfendorfer, C. A., & Hueter, R. E. (2003). Running before the storm: blacktip sharks respond to falling barometric pressure associated with Tropical Storm Gabrielle. *Journal of fish biology*, 63(5), 1357-1363. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00250.x>
- Lanier, G. N., & Burns, B. W. (1978). Barometric flux. *Journal of Chemical Ecology*, 4(2), 139-147.
- Lazaridis, M. (2011). First Principles of Meteorology and Air Pollution. Environmental Pollution. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Le Blancq, F. (2011). Diurnal pressure variation: the atmospheric tide. *Weather*, 66(11), 306-307. DOI: 10.1002/wea.765
- Lutgens, K.F. & Tarbuck, E.J. (2012) The atmosphere: an introduction to meteorology. 12TH ED. Prentice Hall.
- Marchand, D., & McNeil, J. N. (2000). Effects of wind speed and atmospheric pressure on mate searching behavior in the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Insect Behavior*, 13, 187-199. <https://doi.org/10.1023/A:1007732113390>
- Musiolek, D., & Kočárek, P. (2016). Weather-dependent microhabitat use by *Tetrix tenuicornis* (Orthoptera: Tetrigidae). *The Science of Nature*, 103(7-8), 68. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1393-9>
- Pellegrino, A. C., Peñaflor, M. F. G. V., Nardi, C., Bezner-Kerr, W., Guglielmo, C. G., Bento, J. M. S., & McNeil, J. N. (2013). Weather forecasting by insects: modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes. *PloS One*, 8(10), e75004. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075004>
- Rousse, P., Gourdon, F., Roubaud, M., Chiroleu, F., & Quilici, S. (2009). Biotic and abiotic factors affecting the flight activity of *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of fruit fly pests. *Environmental Entomology*, 38(3), 896-903. <https://doi.org/10.1603/022.038.0344>
- Saucier W. J. (2003). Principles of Meteorological Analysis. New York, NY: Dover Publications.
- Steinberg, S., Dicke, M., Vet, L. E. M., & Wänning, R. (1992). Response of the braconid parasitoid *Cotesia* (= *Apanteles*) glomerata to volatile infochemicals: effects of bioassay set-up, parasitoid age and experience and barometric flux. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63(2), 163-175. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1992.tb01571.x>
- Sujimoto, F. R., Costa, C. M., Zitelli, C. H. L., & Bento, J. M. S. (2020). Foraging activity of leaf-cutter ants is affected by barometric pressure. *Ethology*, 126(3), 290– 296. <https://doi.org/10.1111/eth.12967>
- Vosteen, I., Bianchi, F. J., & Poelman, E. H. (2020). Adverse weather conditions impede odor-guided foraging of parasitoids and reduce their host-finding success. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107066. <https://doi.org/10.1073/pnas.63.3.767>
- Wellington, W. G. (1946). The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. *Canadian Journal of Research*, 24(2), 51-70. <https://doi.org/10.1139/cjr46d-006>

2 WEATHERING THE HUNT: THE ROLE OF BAROMETRIC PRESSURE IN PREDATOR INSECTS' FORAGING BEHAVIOUR

This chapter has been published in: **Azevedo KEX**, Magalhães DM, Moral RA, Bento JMS (2023) Weathering the hunt: the role of barometric pressure in predator insects' foraging behaviour. *Ecology and Evolution*, 13(8), e10416. <https://doi.org/10.1002/ece3.10416>

Abstract

Abiotic factors strongly influence ecological interactions and the spatial distribution of organisms. Despite the essential role of barometric pressure, its influence on insect behaviour remains poorly understood, particularly in predators. The effect of barometric pressure variation can significantly impact biological control programs involving entomophagous insects, as they must efficiently allocate time and energy to search for prey in challenging environments. We investigated how predatory insects from different taxonomic groups (Coleoptera, Dermaptera, and Neuroptera) adapt their foraging behaviour in response to variations in barometric pressure (low, medium, and high). We also examined the response of different life stages to changes in pressure regimes during foraging activities. Our results showed that the searching time of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) was faster in a favourable high-pressure regime, whereas *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) had similar searching times under varying pressure regimes. Although no differences in prey feeding time were observed among the studied species, the consumption rate was influenced by low barometric pressure leading to a decrease in the number of preyed eggs. Moreover, we provide novel insights into how hemimetabolous (*D. luteipes*) and holometabolous (*E. connexa*) species at different life stages respond to barometric pressure. *Doru luteipes* nymphs and adults had similar consumption rates across all pressure regimes tested, whereas *E. connexa* larvae consumed fewer eggs under low barometric pressure, but adults were unaffected. This highlights the importance of investigating how abiotic factors affect insects foraging efficiency and predator-prey interactions. Such studies are especially relevant in the current context of climate change, as even subtle changes in abiotic factors can have strong effects on insect behaviour. Barometric pressure is a key meteorological variable that serve as a warning signal for insects to seek shelter and avoid exposure to weather events that could potentially increase their mortality. Understanding the effects of barometric pressure on predatory insects' behaviour can help us develop more effective pest management strategies and promote the resilience of agroecosystems. We provide new insights into the complex relationship between barometric pressure and predator-prey interactions.

Keywords: abiotic factors, biological control, *Chrysoperla externa*, *Doru luteipes*, *Eriopis connexa*, life stages.

2.1 Introduction

Animals are continually exposed to various biotic and abiotic stresses throughout their lives, which can have profound effects on their survival, physiology, morphology, biology, and behaviour (Wingfield, 2013). Abiotic factors such as temperature, humidity, solar radiation, wind, and precipitation have been shown to strongly influence ecological interactions and the spatial distribution of organisms (Price et al., 2011). Atmospheric pressure, which is the force exerted by the weight of the atmosphere on the Earth's surface (Lazaridis, 2011), is highly correlated with temperature variation, wind, and precipitation (Barry & Chorley, 2009). High atmospheric pressure is associated with stable and dry weather, while low-pressure values represent less stability in the atmosphere, which can lead to the formation of clouds and increased chances of turbulent weather, such as stronger winds, precipitation, and storms (Wellington, 1946; Lutgens & Tarbuck, 2012). Thus, changes in atmospheric pressure can have a significant impact on meteorological conditions, which in turn can strongly affect animal behaviour (Heupel et al., 2003; Pellegrino et al., 2013; Breuner et al., 2013; Ariano-Sánchez et al., 2022).

Animals, including insects, respond to changes in atmospheric pressure by modulating their behaviour (Crespo & Castelo, 2012). Increasing atmospheric pressure can enhance mating (Pellegrino et al., 2013), learning (Dagaëff et al., 2016), flight (Fournier et al., 2005), and feeding behaviours (Costa et al., 2022). Conversely, a decrease in atmospheric pressure can lead to a reduction in activity due to unsettled weather and increased mortality risk (Jones et al., 2018). Research has shown that various insect orders, such as Diptera, Orthoptera, Coleoptera, Thysanoptera, Hemiptera, and Hymenoptera, exhibit changes in behaviour due to atmospheric pressure variations (Lanier & Burns, 1978, Costa et al., 2022; Fournier et al., 2005; Austin et al., 2014; Zagvazdina et al., 2015; McFarlane et al., 2015; Dagaëff et al., 2016; Musiolek & Kočárek, 2016; Jones et al., 2018). For example, the Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) can increase its dispersal capacity when atmospheric pressure increases by 4.57 mbar/h but decrease it when the pressure drops by 5.47 mbar/h (Martini & Stelinski, 2017). The cucurbit beetle, *Diabrotica speciosa* (Germar), exhibits reduced locomotory activity under low atmospheric pressure, while the true armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Haworth), and the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), decrease their calling behaviour (Pellegrino et al., 2013). However, there has been relatively little research on how atmospheric pressure affects the behaviour of natural enemies. For parasitoid wasps, it has been reported that atmospheric pressure can affect the flight capacity of two Trichogrammatidae species (Fournier et al., 2005), the mate-seeking behaviour of *Aphidius nigripes* Ashmead (Marchand & McNeil, 2000), the foraging of *Mallophora ruficauda* (Wiedemann) (Crespo & Castelo, 2012), *Cotesia glomerata* L. (Steinberg et al., 1992; Vosteen et al., 2020), and *Fopius arisanus* (Sonan) (Rousse et al., 2009), and host discrimination of *Leptopilina heterotma* (Thomson) (Roitberg et al., 1993). The effect of atmospheric pressure on predatory insects, however, has not been reported. For other predators, such as bats, birds, and sharks, changes in atmospheric pressure can directly affect many aspects of their behaviour and physiology (Heupel et al., 2003; Breuner et al., 2013; Bender & Hartman, 2015).

Entomophagous insects play a vital role in maintaining the functioning and structure of ecosystems by controlling herbivorous insects (Parra et al., 2002). However, during foraging, predator insects face various risks, including both biotic and abiotic factors. To mitigate these risks, they may adjust their foraging behaviour by altering their prey selection, foraging time and location, and consumption rate, which ultimately affects their predatory efficiency (Ferran & Dixon, 2013; King & Marshal, 2022). The increased adoption of sustainable agricultural practices has led to a rise in research on the foraging behaviour of entomophagous insects (Perennes et al., 2023). Yet, there is still a need to understand how various biotic and abiotic factors, including atmospheric pressure, affect their foraging behaviour to better comprehend the dynamics of predator-prey interactions and ecosystem functioning. Atmospheric pressure is a powerful predictor that reflects weather conditions and can have a significant impact on predator behaviour (Skendzic et al., 2021). Moreover, considering the different responses to atmospheric pressure variations among life stages of predatory insects is crucial for understanding the ecological implications of environmental changes, as these responses can potentially affect predator-prey interactions, population dynamics, and overall ecosystem functioning. In the current context of climate change, such studies are of great importance, as even subtle changes in abiotic factors can have strong effects on insects (Vosteen et al., 2020). Therefore, variations in atmospheric pressure can significantly impact biological control programs involving entomophagous insects, as these insects face environmental risk factors to efficiently allocate their time and energy towards the exploration, search, and location of their prey.

Here we investigated the foraging behaviour of three predatory insects from different taxonomic groups, namely the earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), the ladybird beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), and the green lacewing *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae), in response

to varying regimes of barometric pressure (i.e., a measurement of atmospheric pressure). These species were carefully selected based on their unique morphological, behavioural, developmental, and dietary characteristics. Our research aimed to answer the following questions:

1. How does the foraging behaviour of predatory insects change between different life stages (immature and adult) in response to varying barometric pressure regimes (low, medium, high)?
2. Is there a significant difference in the consumption rate of predatory insects across different barometric pressure regimes (low, medium, high)?

References

- Amaral, B. B., Souza, B., Bezerra, C. E. S., Viana de Sousa, A. L., & Carvalho, C. F. (2013). Storing eggs of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) for management of large-scale rearing. *Açoreana*, 9, 103-109.
- Ariano-Sánchez, D., Mortensen, R. M., Wilson, R. P., Bjureke, P., Reinhardt, S., & Rosell, F. (2022). Temperature and barometric pressure affect the activity intensity and movement of an endangered thermoconforming lizard. *Ecosphere*, 13 (3), e3990. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3990>
- Alvares, C. A., Sentelhas, P. C., & Dias, H. B. (2022). Southeastern Brazil inland tropicalization: Köppen system applied for detecting climate change throughout 100 years of meteorological observed data. *Theoretical and Applied Climatology*, 149(3-4), 1431-1450. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04122-4>
- Austin, C. J., Guglielmo, C. G., & Moehring, A. J. (2014). A direct test of the effects of changing atmospheric pressure on the mating behavior of *Drosophila melanogaster*. *Evolutionary Ecology*, 28 (3), 535-544. <https://doi.org/10.1007/s10682-014-9689-8>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2009). (pp. 536). Atmosphere, weather and climate. Routledge.
- Bender, M. J., & Hartman, G. D. (2015). Bat activity increases with barometric pressure and temperature during autumn in central Georgia. *Southeastern naturalist*, 14 (2), 231-243. <https://doi.org/10.1656/058.014.0203>
- Breuner, C. W., Sprague, R. S., Patterson, S. H., & Woods, H. A. (2013). Environment, behavior and physiology: do birds use barometric pressure to predict storms?. *Journal of Experimental Biology*, 216(11), 1982-1990. <https://doi.org/10.1242/jeb.081067>
- Catling, H. D., & Islam, Z. (1995). Studies on the ecology of the yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Pyralidae), in deepwater rice in Bangladesh. *Crop Protection*, 14, 57-67. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)91113-T](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)91113-T)
- Chen, J., Xu, M., Okabe, Y., Guo, Z., & Yu, X. (2017). Structural characteristics of the core layer and biomimetic model of the ladybug forewing. *Micron*, 2017, 101: 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2017.07.005>
- Cruz, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (2009). pp. 237-275. In: V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. UFLA, Lavras.
- Comont, R. F., Purse, B. V., Phillips, W., Kunin, W. E., Hanson M., Lewis, O. T., Harrington, R., Shortall C. R., Rondoni, G., & Roy, H. E. (2014). Escape from parasitism by the invasive alien ladybird, *Harmonia axyridis*. *Insect Conservation and Diversity*, 7(4), 334-342. <https://doi.org/10.1111/icad.12060>
- Comont, R. F., Roy, H. E., Lewis, O. T., Harrington, R., Shortall, C. R., & Purse, B. V. (2012). Using biological traits to explain ladybird distribution patterns. *Journal of Biogeography*, 39(10), 1772-1781. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02734.x>
- Costa, C. M., Camargo, A. P., da Silva, E. A., & Bento, J. M. S. (2022). Automated Barometric Chamber for Entomology Experiments: Arthropods' Behavior and Insect-Plant Interactions. *Applied Sciences*, 12(14), 6971. <https://doi.org/10.3390/app12146971>
- Crespo, J. E., & Castelo, M. K. (2012). Barometric pressure influences host-orientation behavior in the larva of a dipteran ectoparasitoid. *Journal of Insect Physiology*, 58(12), 1562-1567. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.09.010>
- Cruz, I. (2007). Controle Biológico de pragas na cultura de milho na produção de conservas (minimilho), por meio de parasitoides e predadores. Circular Técnica 91, Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG.

- Cruz, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (2009). pp. 237-275. In: V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade.
- Dagaëff, A. C., Pocheville, A., Nöbel, S., Loyau, A., Isabel, G., & Danchin, E. (2016). *Drosophila* mate copying correlates with atmospheric pressure in a speed learning situation. *Animal Behaviour*, 121, 163-174.
- Dantas, P. C., Serrão, J. E., Santos, H. C. P., & Carvalho, G. A. (2021). Anatomy and histology of the alimentary canal of larvae and adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Arthropod structure & development*, 60, 101000. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2020.101000>
- Ellers, J., & Boggs, C. L. (2004). Functional ecological implications of intraspecific differences in wing melanization in *Colias* butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 82(1), 79-87. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00319.x>
- Evans, E. W. & Dixon, A. F. G. (1986). Cues for oviposition by ladybird beetles (Coccinellidae): response to aphids. *Journal of Animal Ecology*, 55, 1027-1034. doi.org/10.2307/4431
- Fenoglio, M. S., & Trumper, E. V. (2014). Influence of weather conditions and density of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) egg mortality. *Environmental entomology*, 36(5), 1159-1165. <https://doi.org/10.1093/ee/36.5.1159>
- Ferrari, M. C., Sih, A., & Chivers, D. P. (2009). The paradox of risk allocation: a review and prospectus. *Animal Behaviour*, 78(3), 579-585. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.05.034>
- Ferran, A., & Dixon, A. F. (2013). Foraging behaviour of ladybird larvae (Coleoptera: Coccinellidae). *EJE*, 90(4), 383-402.
- Fink, U., & Völkl, W. (1995). The effect of abiotic factors on foraging and oviposition success of the aphid parasitoid, *Aphidius rosae*. *Oecologia*, 103, 371-378. <https://doi.org/10.1007/BF00328627>
- Fleschner, C. (1950). Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. *Hilgardia*, 20(13), 233-265. <https://doi.org/10.3733/hilg.v20n13p233>
- Fonseca, A. R., Carvalho, C. F., & Souza, B. (2000). Resposta funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 29(2). <https://doi.org/10.1590/s0301-80592000000200013>
- Fournier, F., Pelletier, D., Vigneault, C., Goyette, B., & Boivin, G. (2005). Effect of barometric pressure on flight initiation by *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environmental Entomology*, 34(6), 1534-1540. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.6.1534>
- Fraenkel, G., & Rudall, K. M. (1940). A study of the physical and chemical properties of the insect cuticle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 129(854), 1-35. <https://doi.org/10.1098/rspb.1940.0027>
- Freitas, S. (2001). O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. Funep.
- Gao, F., Chen, F. J., & Ge, F. (2010). Elevated CO₂ lessens predation of *Chrysopa sinica* on *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 135:135-140. doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.00979.x
- Greene, G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69(4), 487-488. <https://doi.org/10.1093/jee/69.4.487>
- Guimarães, M., Silva, R., Figueiredo, M., & Cruz, I. (2006). Avanços na Metodologia de Criação de *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). *Sete Lagoas-MG*, 7p.
- Haas, F., & Kukalova-Peck, J. (2001). Dermaptera hindwing structure and folding: new evidence for familial, ordinal and superordinal relationships within Neoptera (Insecta). *European Journal of Entomology*, 98(4), 445-510.

- Hassell, M. P., & Southwood, T. R. E. (1978). Foraging strategies of insects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9(1), 75-98. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.09.110178.000451>
- He, X. J., Tian, L. Q., Wu, X. B., & Zeng, Z. J. (2016). RFID monitoring indicates honeybees work harder before a rainy day. *Insect science*, 23(1), 157-159. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12298>
- Hennessy, M. B., Kaiser, S., Tiedtke, T., & Sachser, N. (2015). Stability and change: stress responses and the shaping of behavioral phenotypes over the life span. *Frontiers in Zoology*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-12-S1-S18>
- Heupel, M. R., Simpfendorfer, C. A., & Hueter, R. E. (2003). Running before the storm: blacktip sharks respond to falling barometric pressure associated with Tropical Storm Gabrielle. *Journal of Fish Biology*, 63(5), 1357-1363. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00250.x>
- Islam, S. S., & Chapman, R.B. (2001). Effect of temperature on predation by Tasmanian lacewing larvae. *New Zealand Plant Protection*, 54: 244–247. doi.org/10.30843/nzpp.2001.54.3748
- Jarvis, K. J., Haas, F., & Whiting, M. F. (2005). Phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) based on molecular and morphological evidence: reconsidering the classification of Dermaptera. *Systematic Entomology*, 30(3), 442-453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2004.00276.x>
- Jones, L. C., Foster, B. J., Rafter, M. A., & Walter, G. H. (2018). Tiny insects against the weather flight and foraging patterns of *Frankliniella schultzei* (Thripidae) not altered by onset of rainfall. *Insect Science*, 25(6), 1119-1127. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12492>
- Kasper, M. L., Reeson, A. F., Mackay, D. A., & Austin, A. D. (2008). Environmental factors influencing daily foraging activity of *Vespa germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. *Insectes Sociaux*, 55, 288-295. <https://doi.org/10.1007/s00040-008-1004-7>
- Kharboutli, M. S., & Mack, T. P. (1993). Effect of temperature, humidity, and prey density on feeding rate of the striped earwig (Dermaptera: Labiduridae). *Environmental Entomology*, 22(5), 1134-1139. <https://doi.org/10.1093/ee/22.5.1134>
- King, A. J., & Marshall, H. H. (2022). Optimal foraging. *Current Biology*, 32(12), R680-R683. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.072>
- Kingsolver, J. G., Arthur Woods, H., Buckley, L. B., Potter, K. A., MacLean, H. J., & Higgins, J. K. (2011). Complex life cycles and the responses of insects to climate change. *Integrative and Comparative Biology*, 51, 719–732. <https://doi.org/10.1093/icb/icr015>
- Kumar, D. V., Roobakkumar, A., Rhaman V. K. J., & Babu, A. (2011). Impact of temperature and pesticide applications on the prey consumption of *Mallada desjardinsi* (Navas) (Neuroptera: Chrysopidae), a predator of red spider mite infesting tea. *Two and a Bud*, 50:43-38.
- Janier, G. N., & Burns, B. W. (1978). Barometric flux. *Journal of Chemical Ecology*, 4(2), 139-147.
- Lazaridis, M. (2011). First Principles of Meteorology and Air Pollution. Environmental Pollution. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Lima, S. L., & Bednekoff, P. A. (1999). Temporal variation in danger drives antipredator behaviour: the predation risk allocation hypothesis. *The American Naturalist*, 153, 649–659.
- Linz, D. M., Hu, A. W., Sitvarin, M. I., & Tomoyasu, Y. (2016). Functional value of elytra under various stresses in the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Scientific Reports*, 6(1), 34813. <https://doi.org/10.1038/srep34813>
- Lutgens, K.F., & Tarbuck, E.J. (2012). The atmosphere: an introduction to meteorology. 12TH ED. Prentice Hall.

- Marchand, D., & McNeil, J. N. (2000). Effects of wind speed and atmospheric pressure on mate searching behavior in the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Insect Behavior*, 13, 187-199. <https://doi.org/10.1023/A:1007732113390>
- Martini, X., & Stelinski, L. L. (2017). Influence of abiotic factors on flight initiation by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Environmental Entomology*, 46(2), 369-375. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx039>
- Matley, J. K., Eanes, S., Nemeth, R. S., & Jobsis, P. D. (2019). Vulnerability of sea turtles and fishes in response to two catastrophic Caribbean hurricanes, Irma and Maria. *Scientific Reports*, 9(1), 14254. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50523-3>
- Matos, S. T. S., Savi, P. J., Melville, C. C., dos Santos Cividanes, T. M., Cividanes, F. J., & de Andrade, D. J. (2022). Suitability of spider mites and green peach aphids as prey for *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *Scientific Reports*, 12(1), 1-11 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12078-8>
- McFarlane, D. J., Rafter, M. A., Booth, D. T., & Walter, G. H. (2015). Behavioral responses of a tiny insect, the flower thrips *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera, Thripidae), to atmospheric pressure change. *Journal of Insect Behavior*, 28(4), 473-481. <https://doi.org/10.1007/s10905-015-9516-2>
- McIver, S.B. (1984). Mechanoreception. In: Kerkut GA, Gilbert LI (eds) Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology, vol. 6 nervous system: sensory. Pergamon Press, Oxford.
- Montagné, N., De Fouchier, A., Newcomb, R. D., & Jacquín-Joly, E. (2015). Advances in the identification and characterization of olfactory receptors in insects. *Progress in molecular biology and translational science*, 130, 55-80. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2014.11.003>
- Moelleman, F., Rimmel, T. & Sam, K. (2015). Phenology of predation on insects in a Tropical Forest: temporal variation in attack rate on dummy caterpillars. *Biotropica*, 48(2), 229-236. doi:10.1111/btp.12268
- Moral R.A., Hinde, J., & Garcia Borges Demétrio, C. (2017). Half-normal plots and overdispersed models in R: the hnp package. *Journal of Statistical Software*, 81(10). <https://doi.org/10.18637/jss.v081.i10>
- Musiolek, D., & Kočárek, P. (2016). Weather-dependent microhabitat use by *Tetrix tenuicornis* (Orthoptera: Tetrigidae). *The Science of Nature*, 103(7-8), 68. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1393-9>
- Naranjo-Guevara, N., Peñaflo, M. F. G. V., Cabezas-Guerrero, M. F., & Bento, J. M. S. (2017). Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. *The Science of Nature*, 104(9-10), 77. <https://doi.org/10.1007/s00114-017-1498-9>
- Nervo, B., Roggero, A., Chamberlain, D., Caprio, E., Rolando, A., & Palestrini, C. (2021). Physiological, morphological and ecological traits drive desiccation resistance in north temperate dung beetles. *BMC Zoology*, 6, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40850-021-00089-3>
- Noh, M. Y., Muthukrishnan, S., Kramer, K. J., & Arakane, Y. (2016). Cuticle formation and pigmentation in beetles. *Current Opinion in Insect Science*, 17, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.05.004>
- Noh, M. Y., Muthukrishnan, S., Kramer, K. J., & Arakane, Y. (2017). Development and ultrastructure of the rigid dorsal and flexible ventral cuticles of the elytron of the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 91, 21-33. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2017.11.003>
- Nurme, K., Merivee, E., Must, A., Sibul, I., Muzzi, M., Di, Giulio A., Williams, I., & Tooming, E. (2015). Responses of the antennal bimodal hygroreceptor neurons to innocuous and noxious high temperatures in the carabid beetle, *Pterostichus oblongopunctatus*. *Journal of Insect Physiology*, 81, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.06.010>

- Pacheco, R. C., Silva, D. D., Mendes, S. M., Lima, K. P., Figueiredo, J. E. F., & Marucci, R. C. (2021). How omnivory affects the survival and choices of earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae)? *Brazilian Journal of Biology*, 83, e243890. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.243890>
- Parra, J. R. P., Botelho, P. S. M., Correa-Ferreira, B. S., & Bento, J. M. S. (2002). Biological control in Brazil: parasitoids and predators.
- Pascalis, F., Austin, R. E., Green, J. A., Arnould, J. P. Y., Imperio, S., Maueri, M., Haakonsson, J., Cecere, J. G., & Rubolini, D. (2022). Influence of rainfall on foraging behavior of a tropical seabird. *Behavioral Ecology*, 33(2), 343-351. <https://doi.org/10.1093/beheco/arab134>
- Pellegrino, A. C., Peñaflor, M. F. G. V., Nardi, C., Bezner-Kerr, W., Guglielmo, C. G., Bento, J. M. S., & McNeil, J. N. (2013). Weather forecasting by insects: modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes. *PLoS One*, 8(10), e75004. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075004>
- Perennes, M., Diekötter, T., Hoffmann, H., Martin, E. A., Schröder, B., & Burkhard, B. (2023). Modelling potential natural pest control ecosystem services provided by arthropods in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 342, 108250. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108250>
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., & Kaplan, I. (2011). *Insect ecology: behavior, populations and communities*. Cambridge University Press.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramzan, M., Naeem-Ullah, U., Ishtiaq, M., Murtazam G., Qayyum M. A., & Manzoor, F. (2019). Population dynamics of natural enemies and their correlation with weather parameters in cotton. *Journal of Innovative Sciences*, 5(1): 40-45. [dx.doi.org/10.17582/journal.jis/2019/5.1.40.45](https://doi.org/10.17582/journal.jis/2019/5.1.40.45)
- Reis, L. L., Oliveira, L. J., & Cruz, I. (1988). Biologia e potencial de *Doru luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 23(4), 333-342.
- Roitberg, B. D., Sircom, J., Roitberg, C. A., van Alphen, J. J., & Mangel, M. (1993). Life expectancy and reproduction. *Nature*, 364(6433), 108-108. <https://doi.org/10.1038/364108a0>
- Rousse, P., Gourdon, F., Roubaud, M., Chiroleu, F., & Quilici, S. (2009). Biotic and abiotic factors affecting the flight activity of *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of fruit fly pests. *Environmental Entomology*, 38(3), 896-903. <https://doi.org/10.1603/022.038.0344>
- Santos, A. A., Ribeiro, A.V., Groom, S.V.C., Farias, E. S., Carmo, D. G., Santos, R. C., & Picanço, M. C. (2020). Season and weather affect the mortality of immature stages of *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae) caused by natural factors. *Austral Entomology* 59(4). <https://doi.org/10.1111/aen.12500>
- Sauphanor, B., & Sureau, F. (1993). Aggregation behaviour and interspecific relationships in Dermaptera. *Oecologia*, 96(3), 360-364. <https://doi.org/10.1007/BF00317506>
- Sherman, P. W., & Watt, W. B. (1973). The thermal ecology of some *Colias* butterfly larvae. *Journal of Comparative Physiology*, 83(1), 25-40. <https://doi.org/10.1007/BF00694570>
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Silva, R., Cruz, I., Zanuncio, J., Figueiredo, M., Canevari, G., Pereira, A., & Serrão, J. (2013). Biological aspects of *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on different insect pests of maize (*Zea mays* L.) and sorghum [*Sorghum bicolor* L. (Moench.)]. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2). <https://doi.org/10.1590/s1519-69842013000200025>

- Steinberg, S., Dicke, M., Vet, L. E. M., & Wanningen, R. (1992). Response of the braconid parasitoid *Cotesia* (= *Apanteles*) *glomerata* to volatile infochemicals: effects of bioassay set-up, parasitoid age and experience and barometric flux. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63(2), 163-175. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1992.tb01571.x>
- Solomon, M. E. (1949). The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, 18(1):1–35. doi.org/10.2307/1578
- Sujimoto, F. R., Costa, C. M., Zitelli, C. H. L., & Bento, J. M. S. (2020). Foraging activity of leaf-cutter ants is affected by barometric pressure. *Ethology*, 126(3), 290–296. <https://doi.org/10.1111/eth.12967>
- Tavares, W. S., Cruz, I., Silva, R. B., Serrão, J. E., & Zanuncio, J. C. (2011). Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. *Maydica*, 56(3), 283.
- Tichy, H., & Kallina, W. (2010). Insect hygrosensor responses to continuous changes in humidity and air pressure. *Journal of Neurophysiology*, 103(6), 3274-3286. <https://doi.org/10.1152/jn.01043.2009>
- Therneau TM (2022). coxme: Mixed Effects Cox Models. R package version 2.2-18.1, <https://CRAN.R-project.org/package=coxme>.
- Truman, J. W. (2019). The evolution of insect metamorphosis. *Current Biology*, 29(23), R1252-R1268. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.009>
- Van Der Kooij, C. J., Stavenga, D. G., Arikawa, K., Belušič, G., & Kelber, A. (2021). Evolution of insect color vision: from spectral sensitivity to visual ecology. *Annual Review of Entomology*, 66, 435-461. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-061720-071644>
- Van Roermund, H. J. W., & Van Lenteren, J. C. (1995). Residence times of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* Gahan (Hym., Aphelinidae) on tomato leaflets. *Journal of Applied Entomology*, 119(1-5), 465-471.
- Varella, A. C., Menezes-Netto, A. C., Alonso, J. D. D. S., Caixeta, D. F., Peterson, R. K., & Fernandes, O. A. (2015). Mortality dynamics of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) immatures in maize. *PLoS One*, 10(6), e0130437. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130437>
- Vosteen, I., Bianchi, F. J., & Poelman, E. H. (2020). Adverse weather conditions impede odor-guided foraging of parasitoids and reduce their host-finding success. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107066. <https://doi.org/10.1073/pnas.63.3.767>
- Watt, W. B. (1969). Adaptive significance of pigment polymorphisms in *Colias* butterflies, II. Thermoregulation and photoperiodically controlled melanin variation in *Colias eurytheme*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 63, 767–774. <https://doi.org/10.1073/pnas.63.3.767>
- Weisser, W. W., Volkl, W., & Hassell, M. P. (1997). The importance of adverse weather conditions for behaviour and population ecology of an aphid parasitoid. *Journal of Animal Ecology*, 386-400. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107066>
- Wellington, W. G. (1946). The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. *Canadian Journal of Research*, 24(2), 51-70. <https://doi.org/10.1139/cjr46d-006>
- Wingfield, J. C. (2013). Ecological processes and the ecology of stress: the impacts of abiotic environmental factors. *Functional Ecology*, 27(1), 37-44.
- Xing, Y., & Yang, J. (2020). Stiffness distribution in natural insect cuticle reveals an impact resistance strategy. *Journal of Biomechanics*, 109, 109952. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109952>

- Zagvazdina, N. Y., Paris, T. M., Udell, B. J., Stanislauskas, M., McNeill, S., Allan, S. A., & Mankin, R. W. (2015). Effects of atmospheric pressure trends on calling, mate-seeking, and phototaxis of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 108(5), 762-770. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav069>
- Zhang, W., Chang, X. Q., Hoffmann, A., Zhang, S., & Ma, C. S. (2015). Impact of hot events at different developmental stages of a moth: the closer to adult stage, the less reproductive output. *Scientific Reports*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep10436>

3 A PRESSÃO BAROMÉTRICA E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO DE FEROMÔNIO EM INSETOS

Resumo

A pressão barométrica é geralmente o primeiro componente a sofrer alterações nas variações do tempo, está diretamente associada a variáveis meteorológicas fundamentais, como a precipitação, as massas de ar e os ventos. Como resultado, muitos animais enfrentam condições ambientais flutuantes ao longo de suas vidas. Essas condições ambientais podem influenciar vários aspectos de seus comportamentos, incluindo a comunicação química intraespecífica. A emissão de feromônios desempenha um papel relevante em atividades vitais dos insetos, como o comportamento reprodutivo e a busca por hospedeiros. Surpreendentemente, a influência da pressão barométrica na produção de feromônios permanece pouco explorada. Neste capítulo, foi investigado o efeito da variação da pressão barométrica na emissão dos feromônios sexuais de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae), bem como o feromônio de agregação de *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae). Adicionalmente, foi avaliada se a síntese dos feromônios de *H. armigera* e *A. grandis* é afetada pela variação da pressão barométrica. Os resultados indicaram que, em condições de pressão baixa, a emissão de feromônios por *A. grandis*, *E. heros* e *H. armigera* foi significativamente reduzida em comparação com pressões média e alta. Essas mudanças refletiram em alterações nos níveis de expressão do gene LPAQ, componente principal envolvido na via sintética do feromônio sexual de *H. armigera*. A expressão do gene LPAQ foi maior na pressão alta quando comparada aos níveis de pressão média e baixa. Adicionalmente, observou-se que a expressão do gene FPPS, envolvido na síntese do feromônio de agregação de *A. grandis*, variou nas diferentes pressões testadas. Os resultados indicam que a exposição à variação da pressão pode influenciar tanto a emissão quanto a síntese de feromônios em insetos. Essa compreensão é fundamental para entender as respostas fisiológicas e comportamentais dos insetos em ambientes dinâmicos, fornecendo informações significativas para estratégias comportamentais usadas no manejo integrado de pragas.

Palavras-chave: Emissão de feromônios, Expressão gênica, Fatores abióticos, Pragas agrícolas.

Abstract

Barometric pressure is generally the first component to change weather variations, directly associated with fundamental meteorological variables such as precipitation, air masses, and winds. As a result, many animals face fluctuating environmental conditions throughout their lives. These environmental conditions can influence various aspects of their behaviors, including intraspecific chemical communication. The pheromone emission plays a relevant role in the vital activities of insects, such as reproductive behavior and searching for hosts. Surprisingly, the influence of barometric pressure on pheromone production remains largely unexplored. In this chapter, we investigated the effect of barometric pressure variation on the emission of sexual pheromones from *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) and *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae), as well as the aggregation pheromone of *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae). In addition, we assessed whether the synthesis of pheromones in *H. armigera* and *A. grandis* is affected by barometric pressure variation. The results indicated that under low-pressure conditions, the pheromone emission by *A. grandis*, *E. heros*, and *H. armigera* was significantly reduced compared to medium and high pressures. These changes contemplated alterations in the expression levels of the LPAQ gene, a key component involved in the synthetic pathway of the sexual pheromone of *H. armigera*. The expression of the LPAQ gene was higher under high pressure compared to medium and low-pressure levels. In addition, it was observed that the expression of the FPPS gene, involved in the synthesis of the aggregation pheromone of *A. grandis*, varied under different pressures tested. The results indicate that exposure to pressure variation can influence both the emission and synthesis of pheromones in insects. This understanding is crucial for comprehending the physiological and behavioral responses of insects in dynamic environments, providing significant information for behavioral strategies used in integrated pest management.

Keywords: Pheromone emission, Gene expression, Abiotic factors, Agricultural pests.

3.1 Introdução

A comunicação química intraespecífica desempenha um papel fundamental na reprodução e sobrevivência dos insetos. Os feromônios, substâncias químicas usadas nas interações entre indivíduos da mesma espécie, são essenciais para essa comunicação (Yew & Chung, 2015). Dentre as numerosas funções elucidadas para os feromônios,

destaca-se a sexual, amplamente usada por diversas espécies para a atração de potenciais parceiros para a cópula (Guo et al., 2022), indicação do *status* reprodutivo (Liu et al., 2021) e transmissão de informações sobre a qualidade do emissor (Zhao et al., 2009). Outro papel do feromônio é o de agregação, frequentemente utilizado por coleópteros nos processos de colonização de plantas hospedeiras e atração de parceiros (Tumlinson et al., 1969; Ambrogi et al., 2009). Com os avanços na compreensão dos feromônios e sua função comportamental nos insetos, essas descobertas puderam ser aplicadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP), por meio de estratégias de manipulação comportamental (Witzgall et al., 2010; Rizvi et al., 2021). Assim, o uso de feromônios possibilita um controle mais efetivo e seguro de importantes pragas, como *Gymnandrosoma aurantianum* (Lima) (Lepidoptera: Tortricidae) (Bento et al., 2016), *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) (Hardee et al., 1972; Dickerson, 1986), *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Ferrara et al., 2001), dentre outros.

O uso eficaz dessa estratégia depende da compreensão de como os fatores abióticos podem interferir na produção de feromônios e, conseqüentemente, no comportamento dos insetos (Boullis et al., 2016). Boa parte da variabilidade nas capturas com armadilhas iscadas com feromônio, ocorre devido a efeitos dos elementos meteorológicos nos padrões de atividade dos insetos no campo (Tanzaara et al., 2007). Entretanto, poucos estudos se concentram a investigar como os fatores ambientais podem influenciar nas etapas da comunicação intraespecífica em insetos. Dentro da comunicação química por meio de feromônios, a biossíntese dessas moléculas é a primeira etapa. A maioria dos feromônios de insetos é sintetizada em células epidérmicas, enócitos e em glândulas especializadas, sendo regulada por várias enzimas (Raina et al., 2000; Blomquist et al., 2010; Köblös et al., 2015). Em coleópteros, por exemplo, as enzimas HMG-CoA sintase (3-hidroxi-3-metil-glutaril-CoA) e HMG-CoA redutase (3-hidroxi-3-metilglutaril-coA) são os principais componentes na produção *de novo* de feromônio a partir da via do mevalonato (Blomquist et al., 2010; Yew & Chung, 2015). Já em Lepidoptera, as dessaturases são enzimas-chave na síntese *de novo* dos componentes dos feromônios sexuais através da via dos ácidos graxos (Buček et al., 2015; Köblös et al., 2015). Diversos fatores exercem influência no processo de síntese e na atividade das enzimas responsáveis pela codificação das estruturas químicas dos feromônios. A temperatura, por exemplo, representa um elemento de grande impacto sobre os insetos, organismos ectodérmicos cujas atividades enzimáticas podem ser significativamente influenciadas por variações nesse parâmetro. Um estudo realizado com *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) revelou que indivíduos criados em temperaturas elevadas (35 °C) apresentaram modificações na proporção dos componentes do feromônio sexual. Observou-se uma redução na proporção de acetato de (*E*, *Z*, *Z*)-4,7,10-tridecatrienila à medida que a temperatura aumentava (Ono, 1993). Lepidópteros, de forma geral, apresentam uma ritmicidade na síntese e liberação do feromônio sexual, sendo a luminosidade um elemento-chave na sincronização desses eventos (Rafaeli et al., 1993). Em muitas espécies de mariposas, a síntese de feromônio é estimulada pelo Neuropeptídeo Ativador da Biossíntese de Feromônios (PBAN), sendo o fotoperíodo um dos fatores que regula sua liberação pelo gânglio subesofágico na hemolinfa, contribuindo para a produção do feromônio na glândula das mariposas (Rafaeli et al., 1993; Foster, 2000). Em fêmeas de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae), a expressão do gene PBAN é regida por um ritmo circadiano na produção e liberação dependente da luz, com maior expressão durante a escotofase (Sengupta et al., 2023). Outros estudos mostram que a concentração de CO₂ na atmosfera pode afetar de forma indireta a síntese de feromônios, impactando a bioquímica das plantas hospedeiras, que são fontes de precursores usados na síntese dos feromônios de agregação em diferentes espécies de coleópteros (Keeling et al., 2004; Blomquist et al., 2010; Boullis et al., 2016). Entretanto, ainda existe uma limitação significativa na compreensão de como os fatores abióticos podem interferir na síntese de feromônios em insetos.

As interações entre insetos dependem da detectabilidade dos sinais químicos transmitidos a longa distância. Porém, mudanças repentinas nas condições do tempo podem interferir na quantidade e qualidade dos componentes desses sinais emitidos (Groot & Zizzari, 2019). Em estudos realizados com *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), observou-se que as fêmeas produziram quantidades menores do componente majoritário do feromônio sexual em resposta a condições térmicas específicas (Raina, 2003). Essas mudanças podem ter consequências nas repostas dos machos, como visto em *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Olethreutidae) e *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae). Machos submetidos a 20 °C exibiram maior resposta para a o feromônio, quando comparado aos machos testados a 26 °C (Linn et al., 1988). A umidade também influencia a produção de feromônios, como evidenciado em machos de *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (Coleoptera: Curculionidae). Altos níveis de umidade (75% UR) favorecem a produção do feromônio de agregação em comparação com insetos expostos a condições de baixa umidade (25% UR) (Hock et al., 2014). Alterações da concentração de CO₂ é outro fator importante na modulação da emissão de feromônios. Fêmeas de *H. armigera* criadas em ambientes com alto nível de CO₂ apresentaram um aumento geral na liberação do feromônio sexual em comparação com aquelas criadas sob condição normal de CO₂. No entanto, níveis elevados de CO₂ suprimiram as respostas comportamentais e eletrofisiológicas dos machos ao feromônio sexual, sugerindo que a redução da detecção do feromônio sexual dos machos pode ser compensada pelo aumento da produção de feromônio nas fêmeas (Choi et al., 2018). Além disso, a velocidade do vento é outro elemento meteorológico que pode interferir na emissão de feromônios sexuais, conforme demonstrado em *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Kaae & Shorey, 1972) e *Utetheisa ornatrix* (Linnaeus) (Lepidoptera: Erebidae) (Conner et al., 1985).

Embora estudos tenham demonstrado a influência dos fatores abióticos na comunicação dos insetos através de feromônios, abordando temperatura, fotoperíodo, umidade, CO₂ e velocidade do vento (Kaae & Shorey, 1972; Boullis et al., 2016; Groot & Zizzari, 2019), um aspecto importante permanece inexplorado até o momento: o efeito da pressão barométrica na produção de feromônios. A pressão barométrica é um fator abiótico capaz de alterar as condições do tempo (Barry & Chorley, 2009). De forma geral, o estado atmosférico com pressão alta representa dias ensolarados e céu limpo, ao passo que pressões mais baixas estão associadas a condições meteorológicas adversas (Lazaridis, 2011). As chuvas e os ventos fortes são eventos nos quais a pressão está diretamente relacionada, uma vez que a queda da pressão barométrica indica instabilidade atmosférica. Tais condições representam riscos de mortalidade para muitas espécies de animais (Wellington, 1946). Em insetos, foi demonstrado que o comportamento de acasalamento é sensível às variações da pressão, incluindo o comportamento de chamamento em *Pseudaletia unipuncta* (Haworth) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae) (Pellegrino et al., 2013), busca por potenciais parceiros sexuais em *Aphis nigripes* (Ashmead) (Hymenoptera: Aphidiidae) (Marchand & McNeil, 2000), e a cópula em *Drosophila melanogaster* (Ashima Chen) (Diptera: Drosophilidae) (Austin et al., 2014; Dagaeff et al., 2016), *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae) (Zagvazdina et al., 2015) e *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) (Pellegrino et al., 2013). Já a pressão barométrica alta está diretamente relacionada ao aumento de respostas aos semioquímicos usados por parasitoides na busca por hospedeiros (Crespo & Castelo, 2012; Steinberg et al., 1992), no comportamento de chamamento (Pellegrino et al., 2013) e na busca por parceiros (Lanier & Burns, 1978). Essas descobertas não são surpreendentes, uma vez que as mudanças na pressão barométrica podem gerar condições de movimentação turbulenta nas massas de ar, aumento da nebulosidade, mudanças na temperatura e ocorrência de precipitação (Lazaridis, 2011). Portanto, essas condições ambientais podem interferir na transmissão e detectabilidade dos compostos voláteis usados na comunicação dos insetos (Groot & Zizzari, 2019).

Considerando que os insetos enfrentam pressões ambientais e podem ajustar seu comportamento para priorizar a sobrevivência em detrimento da reprodução ou busca por hospedeiros, este estudo visou avaliar se a emissão e a síntese dos feromônios nos insetos são diretamente afetadas por diferentes condições de pressão barométrica (alta, média e baixa). Dessa forma, foram estudados a emissão e a expressão de genes envolvidos na síntese do feromônio de três importantes pragas agrícolas: (i) bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae); (ii) percevejo-marrom-da-soja, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), e (iii) lagarta-do-algodoeiro, *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae), sob condições de pressão barométrica alta, média e baixa.

Referências

- Ahsan, K. M., Akram, W., & Hafeez, F. (2009). Influence of weather on the moth catches of *Helicoverpa armigera* at various cotton-based agro-ecological sites. *Entomological Research*, 39(3), 217-223. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00222.x>
- Ambrogi, B. G., Vidal, D. M., Zarbin, P. H. G., & Rosado-Neto, G. H. (2009). Feromônios de agregação em Curculionidae (Insecta: Coleoptera) e sua implicação taxonômica. *Química Nova*, 32, 2151-2158. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800029>
- Austin, C. J., Guglielmo, C. G., & Moehring, A. J. (2014). A direct test of the effects of changing atmospheric pressure on the mating behavior of *Drosophila melanogaster*. *Evolutionary Ecology*, 28 (3), 535-544. <https://doi.org/10.1007/s10682-014-9689->
- Azevedo, K. E., Magalhães, D. M., de Andrade Moral, R., & Bento, J. M. S. (2023). Weathering the hunt: The role of barometric pressure in predator insects' foraging behaviour. *Ecology and Evolution*, 13(8), e10416. <https://doi.org/10.1002/ece3.10416>
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2009). Atmosphere, weather and climate. Routledge. (pp. 536).
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Basavaraj, K., Geetha, S., Jagadish, K. S., Naik, I., & Shadakshari, Y. G. (2013). Influence of meteorological factors on sex pheromone trap catches of *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.) in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Current Biotica*, 7(3), 174-182.
- Bennett, R. B., & Borden, J. H. (1971). Flight arrestment of tethered *Dendroctonus pseudotsugae* and *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae) in response to olfactory stimuli. *Annals of the Entomological Society of America*, 64(6), 1273-1286. <https://doi.org/10.1093/aesa/64.6.1273>
- Bento, J. M. S., Parra, J. R. P., de Miranda, S. H., Adami, A. C., Vilela, E. F., & Leal, W. S. (2016). How much is a pheromone worth?. *F1000Research*, 5. 10.12688/f1000research.9195.1
- Blomquist, G. J., Figueroa-Teran, R., Aw, M., Song, M., Gorzalski, A., Abbott, N. L., et al. (2010). Pheromone production in bark beetles. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40(10), 699-712. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.07.013>
- Borges, M., Laumann, R.A., Silva, C.C.A, Moraes, M.C.B., Santos, H.M. & Ribeiro, D.T. (2006). Metodologias de criação e manejo de colônias de percevejos da soja (Hemiptera-Pentatomidae) para estudos de comportamento e ecologia química. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia* Doc pp. 1-18.

- Borges, M., Mori, K., Costa, M. L. M., & Sujii, E. R. (1998). Behavioural evidence of methyl-2, 6, 10-trimethyltridecanoate as a sex pheromone of *Euschistus heros* (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, 122(1-5), 335-338. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01508.x>
- Boullis, A., Detrain, C., Francis, F., & Verheggen, F. J. (2016). Will climate change affect insect pheromonal communication?. *Current Opinion in Insect Science*, 17, 87-91. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.08.006>
- Buček, A., Matoušková, P., Vogel, H., Šebesta, P., Jahn, U., Weißflog, J., Svatoš, A., & Pichová, I. (2015). Evolution of moth sex pheromone composition by a single amino acid substitution in a fatty acid desaturase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(41), pp.12586-12591.
- Celani, A., Villermaux, E., & Vergassola, M. (2014). Odor landscapes in turbulent environments. *Physical Review X*, 4(4), 041015.
- Choi, K. S., Ahn, S. J., Kim, S. B., Ahn, J. J., Jung, B. N., Go, S. W., et al. (2018). Elevated CO₂ may alter pheromonal communication in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Physiological Entomology*. 43, 169–179. doi: 10.1111/phen.12239
- Christensen, T.A., Itagaki, H., Teal, P.E.A., Jasensky, R.D., Tumlinson, J.H., & Hildebrand, J.G. (1991). Innervation and neural regulation of the sex pheromone gland in female *Heliothis* moths. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA 88:4971-4975. <https://doi.org/10.1073/pnas.88.11.4971>
- Conner, W. E., Webster, R. P., & Itagaki, H. (1985). Calling behaviour in arctiid moths: the effects of temperature and wind speed on the rhythmic exposure of the sex attractant gland. *Journal of Insect Physiology*, 31(10), 815-820. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(85\)90074-5](https://doi.org/10.1016/0022-1910(85)90074-5)
- Costa, C. M., Camargo, A. P., da Silva, E. A., & Bento, J. M. S. (2022). Automated Barometric Chamber for Entomology Experiments: Arthropods' Behavior and Insect-Plant Interactions. *Applied Sciences*, 12(14), 6971. <https://doi.org/10.3390/app12146971>
- Crespo, J. E., & Castelo, M. K. (2012). Barometric pressure influences host-orientation behavior in the larva of a dipteran ectoparasitoid. *Journal of Insect Physiology*, 58(12), 1562-1567. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.09.010>
- Crnjar, R., Angioy, A. M., Pietra, P., Yin, C. M., Liscia, A., & Barbarossa, I. T. (1988). Control mechanisms of calling behaviour in *Lymantria dispar*: an electrophysiological investigation on the role of the terminal abdominal ganglion. *Journal of Insect Physiology*, 34(12), 1087-1091. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90209-0](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90209-0)
- Dagaëff, A. C., Pocheville, A., Nöbel, S., Loyau, A., Isabel, G., & Danchin, E. (2016). *Drosophila* mate copying correlates with atmospheric pressure in a speed learning situation. *Animal Behaviour*, 121, 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.08.022>
- Dent, D. R., & Pawar, C. S. (1988). The influence of moonlight and weather on catches of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in light and pheromone traps. *Bulletin of Entomological Research*, 78(3), 365-377. <https://doi.org/10.1017/S0007485300013146>
- Dickerson, W. A. (1986). Grandlure: use in boll weevil control and eradication programs in the United States. *Florida Entomologist*, 147-153. <https://doi.org/10.2307/3494755>
- Eller, F. J., & Palmquist, D. E. (2014). Factors affecting pheromone production by the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) and collection efficiency. *Insects*. 5(4), 909-920. <https://doi.org/10.3390/insects5040909>

- Ferrara, F. A., Vilela, E. F., Jham, G. N., Eiras, Á. E., Picanço, M. C., Attygalle, A. B., et al. (2001). Evaluation of the synthetic major component of the sex pheromone of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Chemical Ecology*, 27, 907-917. <https://doi.org/10.1023/A:1010378818318>
- Firmino, A. A. P., Pinheiro, D. H., Moreira-Pinto, C. E., Antonino, J. D., Macedo, L. L. P., Martins-de-Sa, D., et al. (2020). RNAi-mediated suppression of Laccase2 impairs cuticle tanning and molting in the cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). *Frontiers in Physiology*, 11, 591569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.591569>
- Foster, S. P. (2016). Toward a quantitative paradigm for sex pheromone production in moths. *Pheromone communication in moths: evolution, behavior and application*. University of California Press, Oakland, 113-126. [https://doi.org/10.1016/S1467-8039\(01\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S1467-8039(01)00014-7)
- Foster, S. P. (2000). Periodicity of sex pheromone biosynthesis, release and degradation in the lightbrown apple moth, *Epiphyas postvittana* (Walker). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America*, 43(3), 125-136. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6327\(200003\)43:3<125::AID-ARCH4>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6327(200003)43:3<125::AID-ARCH4>3.0.CO;2-M)
- Foster, S. P., & Anderson, K. G. (2020). Sex pheromone biosynthesis, storage and release in a female moth: making a little go a long way. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1941), 20202775. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2775>
- Foster, S.P., Anderson, K.G. & Casas, J. (2018). The Dynamics of Pheromone Gland Synthesis and Release: a Paradigm Shift for Understanding Sex Pheromone Quantity in Female Moths. *Journal of Chemical Ecology*, 44, 525–533 <https://doi.org/10.1007/s10886-018-0963-z>
- Gourevitch, E. H., & Shuker, D. M. (2021). Environmental Correlates of Sexual Signaling in the Heteroptera: A Prospective Study. *Insects*, 12(12), 1079. <https://doi.org/10.3390/insects12121079>
- Greene, G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69(4), 487-488.
- Groot, A. T., & Zizzari, Z. V. (2019). Does climate warming influence sexual chemical signaling? *Animal Biology*, 69, 83–93.
- Gueldner, R. C., & Wiygul, G. (1978). Rhythms in pheromone production of the male boll weevil. *Science*, 199(4332), 984-986. [10.1126/science.199.4332.98](https://doi.org/10.1126/science.199.4332.98)
- Guo, H., Mo, B. T., Li, G. C., Li, Z. L., Huang, L. Q., Sun, Y. L., et al. (2022). Sex pheromone communication in an insect parasitoid, *Campoletis chloridae* Uchida. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(49), e2215442119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2215442119>
- Hardee, D. D., McKibben, G. H., Gueldner, R. C., Mitchell, E. B., Tumlinson, J. H., & Cross, W. H. (1972). Boll weevils in nature respond to grandlure, a synthetic pheromone. *Journal of Economic Entomology*, 65(1), 97-100. <https://doi.org/10.1093/jee/65.1.97>
- Hock, V., Chouinard, G., Lucas, É., Cormier, D., Leskey, T., Wright, S., et al. (2014). Establishing abiotic and biotic factors necessary for reliable male pheromone production and attraction to pheromones by female plum curculios *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera: Curculionidae). *The Canadian Entomologist*. 146, 528–547. doi: 10.4039/tce.2014.1
- Hull, J. J., & Fónagy, A. (2019). Molecular basis of pheromonogenesis regulation in moths. *Olfactory Concepts of Insect Control-Alternative to insecticides: Volume 1*, 151-202.
- Jurenka, R. (2017). Regulation of pheromone biosynthesis in moths. *Current Opinion in Insect Science*, 24, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.09.002>

- Kaae, R.S., & Shorey, H.H. (1972). Sex pheromones of noctuid moths. XXVII. Influence of wind velocity on sex pheromone releasing behavior of *Trichoplusia ni* females. *Annals of the Entomological Society of America*, 65: 437–440. <https://doi.org/10.1093/aesa/65.2.436>
- Keeling, C. I., Blomquist, G. J., & Tittiger, C. (2004). Coordinated gene expression for pheromone biosynthesis in the pine engraver beetle, *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae). *Naturwissenschaften*, 91, 324–328. <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0523-y>
- Köblös, G., Dankó, T., Sipos, K., Geiger, Á., Szlanka, T., Fodor, J., & Fónagy, A. (2015). The regulation of $\Delta 11$ -desaturase gene expression in the pheromone gland of *Mamestra brassicae* (Lepidoptera; Noctuidae) during pheromonogenesis. *General and Comparative Endocrinology*, 221, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2015.03.004>
- Lanier, G. N., & Burns, B. W. (1978). Barometric flux. *Journal of Chemical Ecology*, 4(2), 139–147.
- Lazaridis, M. (2011). First Principles of Meteorology and Air Pollution. Environmental Pollution. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Li, R. T., Ning, C., Huang, L. Q., Dong, J. F., Li, X., & Wang, C. Z. (2017). Expressional divergences of two desaturase genes determine the opposite ratios of two sex pheromone components in *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa assulta*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 90, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2017.09.016>
- Linn, C. E., Campbell, M. G., & Roelofs, W. L. (1988). Temperature modulation of behavioural thresholds controlling male moth sex pheromone response specificity. *Physiological Entomology*, 13(1), 59–67. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1988.tb00909.x>
- Liu, S., Li, B., Liu, W., Liu, Y., Ren, B., & Wang, G. (2021). Sex peptide receptor mediates the post-mating switch in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) female reproductive behavior. *Pest Management Science*, 77(7), 3427–3435. <https://doi.org/10.1002/ps.6391>
- Marchand, D., & McNeil, J. N. (2000). Effects of wind speed and atmospheric pressure on mate searching behavior in the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Insect Behavior*, 13, 187–199. <https://doi.org/10.1023/A:1007732113390>
- Martinez, A. M. D. (2021). Comunicação vibracional em Pentatomidae: interações bióticas, abióticas e aplicação no manejo de pragas.
- Moral, R.A., Hinde, J., & Garcia Borges Demétrio, C. (2017). Half-normal plots and overdispersed models in R: the hnp package. *Journal of Statistical Software*, 81(10). <https://doi.org/10.18637/jss.v081.i10>
- Ono, T. (1993). Effect of rearing temperature on pheromone component ratio in potato tuberworm moth, *Phthorimaea operculella*, (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Chemical Ecology*, 19, 71–81. <https://doi.org/10.1007/BF00987472>
- Pellegrino, A. C., Peñaflo, M. F. G. V., Nardi, C., Bezner-Kerr, W., Guglielmo, C. G., Bento, J. M. S., & McNeil, J. N. (2013). Weather forecasting by insects: modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes. *PLoS One*, 8(10), e75004. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075004>
- Perkin, L. C., Perez, J. L., & Suh, C. P. C. (2021). The identification of boll weevil, *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae), genes involved in pheromone production and pheromone biosynthesis. *Insects*, 12(10), 893. <https://doi.org/10.3390/insects12100893>
- Pfaffl, M. W., Horgan, G. W., & Dempfle, L. (2002). Relative expression software tool (REST©) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR. *Nucleic Acids Research*, 30(9), e36–e36. <https://doi.org/10.1093/nar/30.9.e36>

- Prasad, N. V. V. S. D., Mahalakshmi, M. S., & Rao, N. H. P. (2008). Monitoring of cotton bollworms through pheromone traps and impact of abiotic factors on trap catch. *Journal of Entomological Research*, 32(3), 187-192.
- Priyanka, S. L., Saminathan, V., Sithanatham, S., Ambethgar, V., & Manivannan, N. (2016). Studies on influence of weather parameters on trap catches of *Helicoverpa armigera* (Hubner) in Redgram [*Cajanus Cajan* (L.)] *Ecosystem*.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rafaeli, A., Soroker, V., Hirsch, J., Kamensky, B., & Raina, A. K. (1993). Influence of photoperiod and age on the competence of pheromone glands and on the distribution of immunoreactive PBAN in *Helicoverpa* spp. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 22(1-2), 169-180. <https://doi.org/10.1002/arch.940220114>
- Raina, A. K., Wergin, W. P., Murphy, C. A., & Erbe, E. F. (2000). Structural organization of the sex pheromone gland in *Helicoverpa zea* in relation to pheromone production and release. *Arthropod Structure & Development*, 29(4), 343-353. [https://doi.org/10.1016/S1467-8039\(01\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S1467-8039(01)00014-7)
- Raina, A.K. (2003). Pheromone production in corn earworm: effect of temperature and humidity. *Southwestern Entomologist*, 28, 115-120.
- Reddy, K. N., Vyas, A., Chhangani, G., & Jat, M. (2020). Monitoring of tomato fruit borer (*Helicoverpa armigera*) in relation to abiotic factors in Udaipur.
- Rizvi, S. A. H., George, J., Reddy, G. V., Zeng, X., & Guerrero, A. (2021). Latest developments in insect sex pheromone research and its application in agricultural pest management. *Insects*, 12(6), 484. <https://doi.org/10.3390/insects12060484>
- Sappington, T. W., & Spurgeon, D. W. (2000a). Preferred technique for adult sex determination of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America*. (in press). [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0610:PTFASD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0610:PTFASD]2.0.CO;2)
- Sappington, T. W., & Spurgeon, D. W. (2000b). Variation in boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) captures in pheromone traps arising from wind speed moderation by brush lines. *Environmental Entomology*, 29(4), 807-814. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.807>
- Schmidt, F.G.V., Monnerat, R., Borges, M., & Carvalho, R. (2001). Criação de insetos para avaliação de agentes entomopatogênicos e semioquímicos. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*, Brasília, pp 1–20 (Circular Técnica, 11)
- Schouest Jr, L. P., & Miller, T. A. (1994). Automated pheromone traps show male pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) mating response is dependent on weather conditions. *Journal of Economic Entomology*, 87(4), 965-974., 1994, 87.4: 965-974. <https://doi.org/10.1093/jee/87.4.965>
- Sengupta, M., Angmo, N., Vimal, N., & Seth, R. K. (2023). Effect of ionizing radiation on pheromone biosynthesis activating neuropeptide (PBAN) gene expression and its photosensitive rhythm in female *Spodoptera litura* (F.). *Indian Journal of Entomology*, 109-114. <https://doi.org/10.55446/IJE.2022.691>
- Silva, C. C., Laumann, R. A., Blassioli, M. C., Pareja, M., & Borges, M. (2008). *Euschistus heros* mass rearing technique for the multiplication of *Telenomus podisi*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 575-580.
- Skals, N., Plepys, D., & Löfstedt, C. (2003). Foraging and mate-finding in the silver Y moth, *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae) under the risk of predation. *Oikos*, 102(2), 351-357. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12627.x>
- Steinberg, S., Dicke, M., Vet, L. E. M., & Wanningen, R. (1992). Response of the braconid parasitoid *Cotesia* (= *Apanteles*) *glomerata* to volatile infochemicals: effects of bioassay set-up, parasitoid age and experience and

- barometric flux. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63(2), 163-175. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1992.tb01571.x>
- Taban, A. H., Fu, J., Blake, J., Awano, A., Tittiger, C., & Blomquist, G. J. (2006). Site of pheromone biosynthesis and isolation of HMG-CoA reductase cDNA in the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*: Published in Collaboration with the Entomological Society of America, 62(4), 153-163. <https://doi.org/10.1002/arch.20125>
- Tinzaara, W., Gold, C. S., Dicke, M., Van Huis, A., & Ragama, P. E. (2005). Factors influencing pheromone trap effectiveness in attracting the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *International Journal of Pest Management*, 51(4), 281-288. <https://doi.org/10.1080/09670870500337759>
- Tumlinson, J. H., Hardee, D. D., Gueldner, R. C., Thompson, A. C., Hedin, P. A., & Minyard, J. P. (1969). Sex pheromones produced by male boll weevil: isolation, identification, and synthesis. *Science*, 166 (3908), 1010-1012. DOI: 10.1126/science.166.3908.1010
- Vanderwel, D. (1994). Factors affecting pheromone production in beetles. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 25(4), 347-362. <https://doi.org/10.1002/arch.940250409>
- Wellington, W. G. (1946). The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. *Canadian Journal of Research*, 24(2), 51-70. <https://doi.org/10.1139/cjr46d-006>
- Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80-100. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9737-y1>
- Wood, S.L., & Bright, D.E., (1992). A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2, Taxonomic index, Volume A. Great Basin Naturalist No. 13.
- Yew, J. Y., & Chung, H. (2015). Insect pheromones: An overview of function, form, and discovery. *Progress in Lipid Research*, 59, 88-105. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2015.06.001>
- Zagvazdina, N. Y., Paris, T. M., Udell, B. J., Stanislauskas, M., McNeill, S., Allan, S. A., & Mankin, R. W. (2015). Effects of atmospheric pressure trends on calling, mate-seeking, and phototaxis of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 108(5), 762-770. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav069>
- Zhang, A., Borges, M., Aldrich, J. R., & Camp, M. (2003). Stimulatory male volatiles for the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 32, 713-717. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000400025>
- Zhao, X. C., Wu, K. M., Liang, G. M., & Guo, Y. Y. (2009). Modified female calling behaviour in Cry1Ac-resistant *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 65(4), 353-357. <https://doi.org/10.1002/ps.1697>
- Zhou, X., Coll, M., & Applebaum, S. W. (2000). Effect of temperature and photoperiod on juvenile hormone biosynthesis and sexual maturation in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*: implications for life history traits. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 30(8-9), 863-868. [https://doi.org/10.1016/S0965-1748\(00\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0965-1748(00)00059-X)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a tese destaca dois aspectos importantes da exposição dos insetos à variação nos regimes de pressão barométrica. Primeiramente, a pressão barométrica é um fator modulador do comportamento de forrageamento em insetos predadores. No primeiro capítulo, foi demonstrado que *D. luteipes*, *E. connexa* e *C. externa* ajustam a sua atividade de forrageamento em resposta à pressão baixa, resultando em um consumo significativamente menor de ovos de *S. frugiperda*. Além disso, foram observadas divergências no comportamento de forrageamento entre insetos hemimetábolos e holometábolos frente às variações da pressão barométrica. Tanto as ninfas quanto os adultos das tesourinhas apresentaram taxas de consumo semelhantes em todos os regimes de pressão testados. Entretanto, as joaninhas exibiram variações na taxa de consumo de acordo com as fases de vida, com as larvas consumindo menos ovos de *S. frugiperda* sob pressão baixa, enquanto os adultos não foram afetados. O segundo ponto, delineado no segundo capítulo, ressalta a influência da pressão barométrica na emissão de feromônios por *E. heros*, *A. grandis* e *H. armigera*. Observou-se que a pressão baixa reduziu a emissão de feromônios nas três espécies estudadas, afetando também a síntese desses compostos em *A. grandis* e *H. armigera*. No caso de *A. grandis*, a pressão afetou o nível de expressão do gene FPPS, enquanto em *H. armigera*, o gene afetado foi a dessaturase LPAQ.

Os desdobramentos desta tese têm implicações diretas na ecologia e na agricultura, especialmente ao considerarmos a importância dos insetos predadores nos serviços ecossistêmicos de regulação populacional de pragas agrícolas. No contexto do manejo integrado de pragas, é importante reconhecer que o comportamento dos insetos em resposta aos feromônios pode sofrer alterações em decorrência de mudanças nas condições ambientais, uma vez que a cinética de liberação é sensível a diversos fatores ambientais, incluindo a pressão barométrica. Ademais, frente às mudanças climáticas em curso, a resposta comportamental dos insetos aos feromônios pode ser modificada, impactando significativamente as estratégias de MIP, incluindo a captura em massa, a interrupção do acasalamento e o monitoramento. Portanto, as investigações sobre a influência da exposição dos insetos à variação da pressão barométrica são de grande relevância para a compreensão e previsão das respostas comportamentais e fisiológicas dos insetos diante das transformações ambientais em curso. Essas investigações não apenas enriquecem nossa compreensão da interação complexa entre insetos e o ambiente, mas também oferecem ferramentas para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e adaptáveis de manejo.