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

**Efeito da pressão barométrica sobre o comportamento de
oviposição, parasitismo e alimentação nos insetos**

Camila Moreira Costa

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

**Piracicaba
2018**

**Camila Moreira Costa
Engenheira Agrônoma**

**Efeito da pressão barométrica sobre o comportamento de oviposição,
parasitismo e alimentação nos insetos**

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ MAURÍCIO SIMÕES BENTO**

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

**Piracicaba
2018**

RESUMO

Efeito da pressão barométrica sobre o comportamento de oviposição, parasitismo e alimentação nos insetos

Embora a oscilação na pressão barométrica possa afetar o comportamento dos insetos, o seu efeito é ainda pouco explorado para a maioria das espécies. Neste contexto investigou-se em diferentes condições de pressão barométrica os comportamentos de alimentação e oviposição de *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae), oviposição de *Spodoptera frugiperda* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e o parasitismo por *Trissolcus basalís* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae), *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) e *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). Para isso, foram simuladas as atividades de comportamento mencionadas, dentro de uma câmara barométrica, em condições controladas de pressão baixa, estável e alta, mantendo as demais condições abióticas estáveis. Evidenciou-se que a pressão barométrica pode exercer uma influência em diversas atividades comportamentais nos insetos, mas que não necessariamente possa ser generalizada para todas as espécies e situações. O comportamento de alimentação foi afetado de modo diferenciado para insetos sugadores e mastigadores. Foi observada uma diminuição no número de bainhas alimentares de adultos do percevejo *E. heros* submetidos a condições de baixa pressão barométrica. Por outro lado, o consumo foliar de adultos de *D. speciosa* não foi afetado pela pressão. O comportamento de oviposição de *E. heros*, *D. speciosa* e *S. frugiperda*, não foi influenciado significativamente pela pressão barométrica. O parasitismo por *T. basalís* não foi influenciado pelas condições de pressão barométrica. Entretanto, em condição de baixa pressão barométrica, houve redução no parasitismo por *H. hebetor* e *C. flavipes*.

Palavras-chave: Pressão atmosférica; Fator abiótico; Tempo; Mudanças climáticas

ABSTRACT

Barometric pressure effect on insect oviposition, parasitism and feeding behavior

Although barometric pressure oscillation may affect insects' behavior, that effect is not explored for most species. Weather changes can be associated to patterns of barometric pressure fluctuations. In this sense, we investigated feeding of *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae); oviposition of *Spodoptera frugiperda* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), *Diabrotica speciosa* and *Euschistus heros*; and parasitism by *Trissolcus basalis* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae), *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) and *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). Those behaviors were simulated inside a barometric chamber, under controlled conditions of high, stable and low pressure, while other abiotic factor was stable. Barometric pressure clearly influences several insect behavioral activities, but it cannot be generalized to all species. Feeding behavior was distinctively affected for chewing and sucking insects. We observed a decrease in the number of adult salivary sheaths of *E. heros* submitted to conditions of low barometric pressure. Leaf consumption by *Diabrotica speciosa* was not affected by barometric pressure. Oviposition behavior was not affected by barometric pressure in any of the species evaluated. The parasitism by *Trissolcus basalis* did not show influence due to barometric pressure conditions. However, less parasitism of *Habrobracon hebetor* and *Cotesia flavipes* was observed under low pressure.

Keywords: Atmospheric pressure; Abiotic factor; Weather; Weather changes

1 INTRODUÇÃO

O efeito da oscilação na pressão barométrica sobre os insetos é pouco explorado do ponto de vista científico. Diferentes sistemas de pressão barométrica, geralmente, podem ser associados a padrões de mudanças no tempo (Lazaridis, 2011; Austin *et al.*, 2014). A pressão barométrica (pressão atmosférica) pode ser definida como a força que o ar atmosférico exerce sobre a superfície (Lazaridis, 2011). Em geral, sistemas de baixa pressão tendem a produzir chuvas e vento fortes enquanto sistemas de alta pressão são associados a condições de tempo limpo (Lutgens & Tarbuck, 2012). Mudanças no tempo aumentam o risco de mortalidade nos insetos, além de impactar negativamente o desenvolvimento e reprodução (Wellington, 1946). Mudanças na pressão barométrica estão associadas a diferentes respostas comportamentais em insetos, como início de voo (Fournier *et al.*, 2005), chamamento de parceiros (Marchand & McNeil, 2000; Pellegrino *et al.*, 2013), acasalamento (Pellegrino *et al.*, 2013; Austin *et al.*, 2014), oviposição, alimentação (Leskey & Prokopy, 2003), busca por abrigo ou habitats favoráveis (Zagvazdina *et al.*, 2015; Musiolek & Kočárek, 2016), aprendizado comportamental (Dagaeff *et al.*, 2016) e até mesmo forrageamento em insetos sociais (He *et al.*, 2016). Porém, os resultados sobre o efeito da pressão em diferentes espécies e comportamentos têm sido contrastantes. Adicionalmente, para insetos de diversas ordens, ainda não se tem conhecimento da resposta comportamental frente a mudanças na pressão barométrica.

A hipótese dessa pesquisa supõe que insetos são capazes de detectar diferentes condições de pressão e ajustar sua resposta comportamental de acordo com sua estratégia de sucesso no ambiente.

1.1 Objetivos

Devido à importância do comportamento dos insetos frente as variações abióticas do ambiente para o seu sucesso reprodutivo e sobrevivência no ambiente, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito da pressão barométrica sobre o comportamento de oviposição, parasitismo e alimentação em insetos-modelos das ordens Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera. Os insetos foram escolhidos de modo a representar diferentes espécies e ordens ainda pouco exploradas quanto ao efeito da pressão barométrica, ocupando diversos nichos e posições na cadeia alimentar.

Dentre os insetos selecionados encontram-se: *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Spodoptera frugiperda* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae), *Trissolcus basalus* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae), *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) e *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), que ocupam diferentes hábitos alimentares, diferentes características de oviposição, como ritmo diário e local, além de parasitoides de diferentes estágios de vida do inseto (ovo e lagarta) e de estratégias reprodutivas distintas. Dessa forma, esta pesquisa visou responder às seguintes questões: (i) a mudança na pressão atmosférica altera a atividade de alimentação (consumo) dos insetos fitófagos? (ii) a mudança na pressão atmosférica altera o parasitismo dos parasitoides? (iii) a mudança na pressão atmosférica altera a oviposição (número de ovos depositados) nos insetos?

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidenciou-se que a pressão barométrica pode exercer uma influência em diversas atividades comportamentais nos insetos, mas que não necessariamente possa ser generalizada para todas as espécies e situações.

A atividade alimentar foi afetada de modo diferenciado para insetos sugadores e mastigadores. Observou-se diminuição no número de bainhas alimentares de adultos do percevejo *E. heros* submetidos a condições de baixa pressão barométrica. Por outro lado, o consumo foliar de adultos de *D. speciosa* não foi afetado pela pressão.

O comportamento de oviposição *S. frugiperda*, *D. speciosa* e *E. heros* não foi afetado significativamente pela pressão barométrica.

O parasitismo também foi afetado de modo diferenciado para parasitoides de ovos e de lagartas. O parasitismo por *T. basalis* não foi influenciado pelas condições de pressão barométrica. Entretanto, em condição de baixa pressão barométrica, houve redução no parasitismo por *H. hebetor* e *C. flavipes*.

REFERENCIAS

- Ackerman, S. & Knox, J. (2013) *Metereology: unstanding the atmosphere*. 4th edn. Jones & Bartlett Learning.
- Ahrens, C.D., Henson, R., Donald, A.C., Robert, H., Ahrens, C.D. & Henson, R. (2016) *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. 11th edn. Cengage learning.
- Ankney, P.F. (1984) A Note on Barometric Pressure and Behavior in *Drosophila pseudoobscura*. *Behavior genetics*, **14**, 315–317.
- 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**, 535–544.
- Ávila, C.J. & Milanez, J.M. (2004) Larva alfinete. In *Pragas de Solo no Brasil* (ed. by Salvadori, J.R.; Ávila, C.J.; Silva, M.T.B.). Embrapa, Passo Fundo, pp. 345–378.
- Ávila, C.J. & Parra, J.R.P. (2002) Desenvolvimento de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes hospedeiros. *Ciência Rural*, **32**, 739–743.
- Ávila, C.J., Tabai, A.C.P. & Parra, J.R.P. (2000) Comparação de técnicas para criação de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em dietas natural e artificial. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **29**, 257–267.
- Barry, R.G. & Chorley, R.J. (2009) *Atmosphere, Weather and Climate*. 9th edn. Routledge, New York.

- Bender, M.J. & Hartman, G.D. (2015) Bat Activity Increases with Barometric Pressure and Temperature during Autumn in Central Georgia. *Southeastern Naturalist*, **14**, 231–242.
- Boivin, G. (2010) Phenotypic plasticity and fitness in egg parasitoids. *Neotrop entomol*, **39**, 457–463.
- Bolwing, C.C. (1980) The stylet sheath as an indicator of feeding activity by southern green stink bug on soybeans. *Journal of Economic Entomology*, **73**, 1–3.
- Bonebrake, T.C., Boggs, C.L., McNally, J.M., Ranganathan, J. & Ehrlich, P.R. (2010) Oviposition behavior and offspring performance in herbivorous insects: consequences of climatic and habitat heterogeneity. *Oikos*, **119**, 927–934.
- Botelho, P.M.S. & Macedo, N. (2002) *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In *Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores* (ed. by Parra, J.R.P., Botelho, P.S.M., Côrrea- Ferreira, B.S. & Bento, J.M.S.). São Paulo, pp. 477–494.
- 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**, 1982–1990.
- Chapman, R.F. (1998) *The insects: structure and function*. 4th edn. Cambridge University Press.
- Colazza, S. (1993) Factors influencing brood sex ratio in the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae). *Entomologica*, **27**, 211–219.

- Colazza, S. (2004) Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. *Journal of Experimental Biology*, **207**, 47–53.
- Corrêa-Ferreira, B.S. (1993) Utilização do parasitóide de ovos *Trissolcus basal* (Wollaston) no controle de percevejos da soja. *Circular técnica/Embrapa* Nº11, 40.
- Costa, M.L.M., Borges, M. & Vilela, E.F. (1998) Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **27**, 559–568.
- 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**, 1562–1567.
- Cruz, I. (1995) A lagarta do cartucho na cultura do milho. *Circular técnica/Embrapa* Nº 21, 45.
- 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.
- Enger, E., Ross, F. & Bailey, D. (2008) *Concepts in Biology*. 13th edn. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Fournier, F., Pelletier, D., Vigneault, C., Goyette, B., Boivin, G. & Bernard, G. (2005) Effect of Barometric Pressure on Flight Initiation by *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environmental Entomology*, **34**, 1534–1540.
- Gilbert, N. (1996) Insects and temperature - A general theory. *The canadian entomologist*, **128**, 1–13.

- Gillot, C. (2005) *Entomology*. 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
- Godfray, H.C.J. (1994) *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, Princeton.
- Hagstrum, D.W. (1983) Self-provisioning with paralyzed hosts and age, density, and cancelment of hosts as factors influencing parasitization of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) by *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, **12**, 1727–1732.
- Hagstrum, D.W. & Smittle, B.J. (1977) Host-finding Ability of *Bracon hebetor* and Its Influence upon Adult Parasite Survival and Fecundity. *Environmental Entomology*, **6**, 437–439.
- Haji, N.F.P. (1981) *Biologia, dano e controle do adulto de Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura da batatinha (*Solanum tuberosum* L.). Piracicaba: ESALQ, 1981. 53p. Tese de Doutorado.
- Haufe, W.O. (1954) The Effects of atmospheric Pressure on the Flight Responses of *Aedes aegypti* (L.). *Bulletin of Entomological Research*, **45**, 507.
- 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**, 157–159.
- 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**, 1357–1363.
- Hilker, M. & Meiners, T. (2010) How do plants “notice” attack by herbivorous arthropods? *Biological Reviews*, **85**, 267–280.
- Hurtrel, B. & Thiery, D. (1999) Modulation of Flight Activity in *Lobesia botrana* Den . & Schiff . (Lepidoptera : Tortricidae) Females Studied in a Wind

- Tunnel. *Journal of Insect Behavior*, **12**, 199–219.
- Janz, N. (2002) Evolutionary ecology of oviposition strategies. In *Chemoecology of insect eggs and egg deposition* (ed. by Hilker, M. & Meiners, T.). Blackwell Publishing Ltd, Berlin, pp. 349–376.
- Javahery, M. (1994) Development of eggs in some true bugs (Hemiptera–Heteroptera). Part I. Pentatomoidea. *The Canadian Entomologist*, **126**, 401–433.
- Jaworski, T. & Hilszczański, J. (2013) The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. *Forest Research Papers*, **74**, 345–355.
- Johnson, C.A., Coutinho, R.M., Berlin, E., Dolphin, K.E., Heyer, J., Kim, B., *et al.* (2016) Effects of temperature and resource variation on insect population dynamics: the bordered plant bug as a case study. *Functional Ecology*, **30**, 1122–1131.
- Kolyer, J.M. & Palmer, H.B. (1968) The effect of barometric pressure and other factors on eclosion of tile cabbage butterfly *Pieris rapae* (Pieridae). *Journal of the Lepidopterists' Society*, **22**, 211–225.
- Krysan, J.L. (1986) Introduction: Biology, Distribution, and Identification of pest *Diabrotica*. In *Methods for study of pest Diabrotica* (ed. by Krysan, J.L. & Miller, T.A.). Springer-Verlag, New York, pp. 1–24.
- Laumann, R.A., Silvia, C., Pires, S., Schmidt, F.G. V, Carolina, M. & Morais, B. (2003) Ritmos diários de atividades comportamentais de *Diabrotica speciosa* relacionados a temperatura. *Comunicado técnico/Embrapa* 90, 6.
- Lazaridis, M. (2011) *First Principles of Meteorology and Air Pollution*. Environmental Pollution. Springer Netherlands, Dordrecht.

- Leerdam, M.B. Van, Smith, J.W. & Fuchs, T.W. (1985) Frass-mediated, Host-finding Behavior of *Cotesia flavipes*, a Braconid Parasite of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **78**, 647–650.
- Lemoine, N.P., Burkepile, D.E. & Parker, J.D. (2014) Variable effects of temperature on insect herbivory. *PeerJ*, **2**, e376.
- Leskey, T.C. & Prokopy, J.R. (2003) Influence of barometric pressure on odor discrimination and oviposition by adult plum curculios (Coleoptera:Curculionidae). *European journal of entomology*, **100**, 517–520.
- Lutgens, K.F. & Tarbuck, E.J. (2012) *The atmosphere: an introduction to meteorology*. 12TH ED. Prentice Hall.
- Magro, S.R. & Parra, J.R.P. (2001) Biologia do ectoparasitóide *Bracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) em sete espécies de lepidópteros. *Scientia Agricola*, **58**, 693–698.
- 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.
- Marques, G.B.C., Ávila, C.J. & Parra, J.R.P. (1999) Danos Causados Por Larvas e Adultos De *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) Em Milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **34**, 1983–1986.
- Martini, X. & Stelinski, L.L. (2017) Influence of Abiotic Factors on Flight Initiation by Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Environmental Entomology*, **46**, 369–375.

- 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**, 473–481.
- Mendonça, F. & Danni-Oliveira, I.M. (2007) *Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil*. 1st edn. Oficina de Textos, São Paulo.
- Mendoza, A.C. (2012) *Desenvolvimento de dietas artificiais liofilizadas para Euschistus heros (Fabricius , 1798), com vistas à produção de Telenomus podisi (Ashmead , 1893) e Trissolcus basalis (Wollaston , 1858)*.
- Milanez, J. (1995) *Técnicas de criação e bioecologia de Diabrotica speciosa (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae)*.
- Milanez, J.M. & Parra, J.R.P. (2000a) Preferência de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) para oviposição em diferentes tipos e umidade de solos. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **29**, 155–158.
- Milanez, J.M. & Parra, J.R.P. (2000b) Biologia e exigências térmicas de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **29**, 23–29.
- Musiolek, D. & Kočárek, P. (2016) Weather-dependent microhabitat use by *Tetrix tenuicornis* (Orthoptera: Tetrigidae). *The Science of Nature*, **103**, 68.
- Nardi, C., Luvizotto, R.A.G. & Bento, J.M.S. (2012) Comportamento de oviposição de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera : Chrysomelidae). *Congresso Brasileiro de Entomologia*.

- Nunes, M.C. & Corrêa-Ferreira, B.S. (2002) Desempenho alimentar e sobrevivência de *Euschistus heros* parasitado por *Hexacladia smithii* em sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **37**, 1219–1224.
- Panizzi, A.R. (1995) Feeding frequency, duration and preference of the southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) as affected by stage of development, age, and physiological condition. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **24**, 437–444.
- Panizzi, A.R. & Slansky, F. (1985) Review of Phytophagous Pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) Associated with Soybean in the Americas. *The Florida Entomologist*, **68**, 184.
- Pashley, D.P. & Martin, J. a. (1987) Reproductive Incompatibility Between Host Strains of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **80**, 731–733.
- Pellegrino, A.C., Peñaflor, M.F.G.V., Nardi, C., Bezner-Kerr, W., Guglielmo, C.G., Bento, J.M.S., *et al.* (2013) Weather Forecasting by Insects: Modified Sexual Behaviour in Response to Atmospheric Pressure Changes. *PLoS ONE*, **8**, e75004.
- Pidwirny, M. (2015) Chapter 7: Atmospheric Pressure and Wind. In *Understanding physical geography*. Our planet earth Publishing, p. 42.
- Pitre, H.N. & Hogg, D.B. (1983) Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn (*Spodoptera frugiperda*). *Journal of the Georgia Entomological Society*, **18**, 182–187.
- Potting, R.P.J. (1997) Evolutionary and applied aspects of the behavioural ecology of the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*. *Insect science application*, **17**, 109–118.

- Potting, R.P.J., Overholt, W.A., Danso, F.O. & Takasu, K. (1997a) Foraging behavior and life history of the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Insect Behavior*, **10**, 13–29.
- Potting, R.P.J., Snellen, H.M. & Vet, L.E.M. (1997b) Fitness consequences of superparasitism and mechanism of host discrimination in the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **82**, 341–348.
- Rizzo, H.F. (1976) *Hemípteros de interés agrícola*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Roermund, H.J.W. & Lenteren, J.C. (1995) Residence times of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* Gahan (Hym., Aphelinidae) on tomato leaflets. *Journal of Applied Entomology*, **119**, 465–471.
- Roitberg, B.D., Sircom, J., Roitberg, C. a, Alphen, J.J.M. van & Mangel, M. (1993) Life expectancy and reproduction. *Nature*, **364**, 108.
- 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**, 896–903.
- Schory, T.J., Piecznski, N., Nair, S. & El-Mallakh, R.S. (2003) Barometric Pressure, Emergency Psychiatric Visits, and Violent Acts. *The Canadian Journal of Psychiatry*, **48**, 624–627.
- Serra, H.J.P. (1991) *Bioecologia do ectoparasito Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae) em *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae).

- Sosa-gómez, D.R., Corrêa-ferreira, B.S., Beatriz, C., Corso, I.C., Jacob, L., In, O., et al. (2014) *Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja*. Londrina.
- Sparks, A.N. (1979) A Review of the Biology of the Fall Armyworm. *The Florida Entomologist*, **62**, 82.
- 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**, 163–175.
- Steinke, E.T. (2016) *Climatologia fácil*. 1st edn. Oficina de Textos.
- Stephen, W.P. & Bird, R.D. (1949) The Effect of Barometric Pressure Upon Oviposition of the Imported Cabbageworm, *Pieris rapae* (L.). *The Canadian Entomologist*, **81**, 132.
- Torres, F.T.P. & Machado, P.J.O. (2008) *Introdução à Climatologia*. Geographica, Ubá.
- Villas-bôas, G.L. & Panizzi, A.R. (1980) Biologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1789) em soja (*Glycine max* L. Merrill). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **9**, 105–113.
- Vinson, S.B. (1998) The General Host Selection Behavior of Parasitoid Hymenoptera and a Comparison of Initial Strategies Utilized by Larvaphagous and Oophagous Species. *Biological Control*, **11**, 79–96.
- Wajnberg, E. (2006) Time allocation strategies in insect parasitoids: from ultimate predictions to proximate behavioral mechanisms. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **60**, 589–611.

- Wellington, W.G. (1946) The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. *Canadian Journal of Research*, **24d**, 51–70.
- Wheeler, D. (1996) The Role of Nourishment in Oogenesis. *Annual Review of Entomology*, **41**, 407–431.
- Zagvazdina, N.Y., Paris, T.M., Udell, B.J., Stanislauskas, M., Mcneill, S., Allan, S.A., *et al.* (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**, 762–770.