

PEST MANAGEMENT

Efeitos de Variáveis Ambientais, Irrigação e Vespas Predadoras sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) no CafeeiroFLÁVIO L FERNANDES¹, EVERARDO C MANTOVANI², HERMES BONFIM NETO², VICTOR DE V NUNES³¹Depto. de Biologia Animal, Entomologia; ²Depto. de Engenharia Agrícola, Irrigação e Drenagem; ³Depto. de Engenharia Agrícola, Meteorologia Agrícola. Univ. Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG
flavio.lemes@yahoo.com.br; everardo@ufv.br; hermes.bn@bol.com.br; victorvnunes@gmail.com

Edited by Madelaine Venzon – EPAMIG

Neotropical Entomology 38(3):410-417 (2009)

Effects of Irrigation, Environmental Variability and Predatory Wasp on *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), in Coffee Plants

ABSTRACT - The population density of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) can be affected by environmental variables in irrigated agroecosystems and the occurrence of predatory wasps such as Vespidae. In here, we aimed to evaluate the effects of environmental variables, drip irrigation depths and predation by wasps on the population density of *L. coffeella*. The experiment was carried out during 2004 and 2005 in a *Coffea arabica* plantation cultivated in the county of Jaboticatubas, Minas Gerais State, Brazil. The different irrigation depths set through drip were established considering the daily depth required by the IRRIPLUS program, which was equal to 100%, and two other lower (51% and 72%) and higher (124% and 145%) values, having the control without irrigation. In order to evaluate the coffee leaf miner population density and predation, the number of active and preyed mines was determined on the fourth pair of leaves in a group of ten plants. For the study of interactions among the environmental variables, irrigation depths with the mine density of *L. coffeella* and predatory wasps, the following methods were used: multivariate analysis, simple linear regression and trail. We concluded that higher pluvial precipitation, solar radiation and irrigation depths would reduce population density of the coffee leaf miner. Furthermore, the increase in density of the predatory wasps was dependent on the population level of *L. coffeella*.

KEY WORDS: Coffee leaf miner, *Coffea arabica*, environmental variable, predation, Vespidae

RESUMO - A densidade populacional do bicho-mineiro do cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) pode ser afetada por variáveis ambientais em agroecossistemas irrigados e vespas predadoras tais como Vespidae. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos das variáveis ambientais, de lâminas de irrigação via gotejamento, e da predação por vespas na densidade populacional de *L. coffeella*. O experimento foi conduzido entre os anos de 2004 e 2005, em lavoura de *Coffea arabica* L. no município de Jaboticatubas, MG, Brasil. As diferentes lâminas de irrigação, aplicadas via gotejamento, foram estabelecidas tomando por referência a lâmina diária requerida pelo programa IRRIPLUS, que foi igual a 100% e, duas outras abaixo, 51% e 72%, e acima, 124% e 145%, com a testemunha sem irrigação. Para a avaliação da densidade populacional do bicho mineiro e da predação determinou-se o número de minas ativas e predadas no quarto par de folhas do ramo mediano em dez plantas. Para estudar as interações entre as variáveis ambientais, lâminas de irrigação com as densidades de minas de *L. coffeella* e vespas predadoras foram realizadas análise multivariada, análises de regressão linear simples e trilha. Conclui-se que a maior precipitação pluvial, radiação solar e lâminas de irrigação reduzem a densidade populacional do bicho-mineiro. Além disso, o aumento na densidade das vespas predadoras foi dependente dos níveis populacionais de *L. coffeella*.

PALAVRAS-CHAVE: Bicho mineiro do cafeeiro, *Coffea arabica*, variável ambiental, predação, Vespidae

O bicho-mineiro do cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) é praga-chave de *Coffea arabica* no Brasil, em alguns países da América Central e no Leste Africano (Souza *et al* 1998). É uma espécie monófaga favorecida por plantios mais espaçados e regiões de clima mais seco (Reis & Souza 1996, Souza *et al* 1998).

Os fatores que afetam o ataque dessa praga ao cafeeiro relacionam-se aos elementos climáticos, planta hospedeira, agentes de controle biológico e aos tratamentos culturais, entre outros (Gallo *et al* 2002). O conhecimento da época e magnitude desses fatores é fundamental para o estudo da dinâmica de populações e desenvolvimento de sistemas eficientes de manejo de pragas.

As variáveis ambientais podem influenciar diretamente as atividades de insetos fitófagos, como oviposição, alimentação, crescimento, desenvolvimento e reprodução (Lam *et al* 2001), ou indiretamente, através da ação de inimigos naturais, mudanças fisiológicas e bioquímicas na planta hospedeira (Hopkins & Memmott 2003). A temperatura do ar e a precipitação pluviométrica são os principais fatores relacionados à dinâmica populacional de insetos-praga em diversos agroecossistemas (Reynolds *et al* 1997).

As diferentes lâminas de irrigação modificam os teores de metabólitos primários e secundários das plantas de café. Em condições de estresse hídrico, a planta hospedeira apresenta variação nesses teores, reduzindo a viabilidade de ovos, causando distúrbios fisiológicos nas larvas e pupas e aumentando a mortalidade dos insetos (Awmack & Leather 2002). Por outro lado, os metabólitos secundários também são importantes na relação inseto-planta por atuarem como aleloquímicos tóxicos aos insetos (Ashihara & Crozier 2001).

As vespas predadoras destacam-se entre os agentes de controle biológico mais importantes do bicho mineiro (Parra *et al* 1977) e podem reduzir o ataque da praga em até 90% em cafeeiros da Zona da Mata de Minas Gerais (Tuelher *et al* 2003). Tendo em vista a importância do conhecimento dos fatores bióticos e abióticos determinantes do ataque de insetos e a escassez de trabalhos que consideram as múltiplas interações existentes entre esses fatores e a densidade de *L. coffeella* do cafeeiro, este trabalho buscou avaliar o impacto de elementos climáticos, da lâmina de irrigação via gotejamento e de vespas predadoras (Vespidae) sobre *L. coffeella* em *C. arabica*.

Material e Métodos

Características gerais. O experimento foi conduzido no período de agosto de 2005 a agosto de 2006, na Fazenda Vista Alegre, município de Jaboticatubas, MG, situada a 19°30' sul, 43°44' oeste e 700 m de altitude. A variedade utilizada foi catuaí vermelho, cv. IAC 144, plantada no espaçamento de 0,5 m entre plantas e 3,5 m entre fileiras, com seis anos de idade.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por seis lâminas de irrigação: 100% da lâmina (com base no programa IRRPLUS) e, a partir dela, duas lâminas abaixo, 51% e 72%, e duas lâminas acima, 124% e

145%, além do tratamento testemunha, sem irrigação. Cada unidade experimental foi constituída por 15 plantas sendo as 10 plantas centrais consideradas como plantas úteis no experimento.

Avaliação das densidades de *L. coffeella* e de vespas predadoras, e obtenção dos dados climáticos. As densidades de *L. coffeella* e dos predadores foram avaliadas nas dez plantas úteis de cada unidade experimental uma vez por mês durante 11 meses. Avaliou-se o quarto par de folhas, em quatro ramos localizados no terço mediano do dossel das plantas de *C. arabica* (Gravena 1983).

Para a avaliação das densidades do bicho mineiro e das vespas predadoras contou-se o número de minas ativas (presença de larvas vivas do bicho mineiro) e o número de minas predadas (presença de rasgaduras ocasionadas pelas vespas predadoras nas faces adaxial e abaxial da folha) pelos principais gêneros de vespas predadoras de *L. coffeella* encontradas em cafeeiros nessa região, *Mischocyttarus*, *Polistes*, *Protopolybia*, *Polybia*, *Brachygastra* e *Protonectarina* (Pereira *et al* 2007). A contagem das minas ativas e predadas foi realizada através da abertura das minas com estilete metálico.

Os dados diários das variáveis ambientais (velocidade do vento, radiação solar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, temperaturas máxima, média e mínima) medidos três vezes ao dia, foram obtidos pela estação climatológica automatizada localizada na região central da fazenda.

Análises estatísticas. Para selecionar e estudar as interações entre as variáveis (elementos climáticos, lâminas de irrigação, densidades de *L. coffeella* e vespas predadoras), empregou-se a análise multivariada por correlação canônica (SAS Institute 2002). A correlação canônica foi utilizada para associar as variáveis do grupo II (variáveis ambientais e lâminas de irrigação) com as variáveis do grupo I (densidades de minas ativas de *L. coffeella* e minas predadas). Selecionaram-se dentro do eixo significativo as variáveis com maior coeficiente de correlação de Pearson ($P < 0,05$) para realizar estudos da magnitude, efeitos diretos e indiretos. Para esses estudos utilizou-se análise de trilha a 1%, 5% e 10% de significância. Essas análises foram realizadas utilizando os procedimentos PROC REG e PROC CALIS do SAS (SAS Institute 2002), seguindo orientações contidas em Mitchell (1993).

O coeficiente de trilha (coeficiente de regressão) quantifica a intensidade de cada efeito direto na variável resposta (Mitchell 1993, Sokal & Rohlf 1995). O efeito indireto de uma variável é calculado quando a trilha passa por uma ou mais variáveis intermediárias até chegar à variável resposta. O coeficiente indireto é obtido através do produto de todos os coeficientes ao longo de uma trilha (Sokal & Rohlf 1995). Além disso, confeccionaram-se gráficos de sazonalidade a partir das médias mensais.

Realizou-se análise de regressão linear ($P < 0,05$) para verificar o efeito das lâminas de irrigação, temperatura média do ar, precipitação pluviométrica e radiação solar sobre as densidades de *L. coffeella* e de vespas predadoras. Além disso, avaliou-se o efeito da densidade de vespas sobre o ataque de *L. coffeella*.

Resultados e Discussão

Foram encontrados dois eixos canônicos significativos nas relações entre densidades de *L. coffeella* e vespas predadoras com as variáveis ambientais (Wilk’s Lambda = 0,006; F = 124,12; gl numerador/densidade = 6/312; P < 0,001). No primeiro eixo, a variação da precipitação, umidade relativa e lâminas de irrigação (variáveis do grupo II) explicaram 90% da variação nas densidades de bicho mineiro e vespas predadoras (variáveis do grupo I). As variáveis ambientais que mais influenciaram a intensidade de ataque desta praga foram a precipitação pluviométrica (r = 0,69), a temperatura do ar (r = -0,40), a radiação solar (r = -0,44) e as lâminas de irrigação (r = 0,74) (Tabela 1).

No segundo eixo, a variação da precipitação, umidade relativa e lâminas de irrigação (variáveis do grupo II) explicaram 69% da variação nas densidades de vespas predadoras e bicho mineiro (variáveis do grupo I). A umidade relativa do ar (r = 0,68), precipitação pluviométrica (r = 0,77) e as lâminas de irrigação (r = 0,67) apresentaram relação diretamente proporcional com a densidade de vespídeos. A baixa correlação da densidade de *L. coffeella* (r = -0,21) com variáveis ambientais pode ser devido à ação das vespas (Tabela 1).

Assim, as variáveis selecionadas pela análise de correlação canônica a serem testadas no modelo de trilha foram: temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, radiação solar, lâminas de irrigação, densidades de *L. coffeella* e vespas predadoras (Fig 1).

Tabela 1 Correlações canônicas entre as densidades de minas com larvas vivas de *Leucoptera coffeella* e minas sem larvas devido à predação por vespas (variáveis do grupo I) com as variáveis ambientais e lâminas de irrigação (variáveis do grupo II) em *Coffea arabica*.

Variáveis	Primeiro eixo canônico		Segundo eixo canônico			
	Coeficiente	r ¹	Coeficiente	r ¹		
Densidades (grupo I)						
<i>L. coffeella</i>	-0,11	-0,49	-0,40	-0,21		
Vespas predadoras	-0,07	-0,02	-0,35	-0,81		
Variáveis ambientais e lâminas de irrigação (grupo II)						
Temperatura média do ar (°C)	-0,15	-0,40	-0,07	0,01		
Velocidade do vento (m/s)	-0,08	-0,16	0,00	0,03		
Umidade relativa do ar (%)	0,28	-0,11	0,78	0,68		
Radiação solar (MJ/m ² /dia)	-0,43	-0,44	-0,05	-0,01		
Precipitação pluviométrica (mm)	1,70	0,69	-0,71	0,77		
Lâminas de irrigação (%)	2,21	0,74	0,68	0,67		
Características do eixo	R ² = 0,90	F = 11,53	P < 0,01	R ² = 0,69	F = 7,65	P < 0,01

r¹= coeficiente de correlação de Pearson

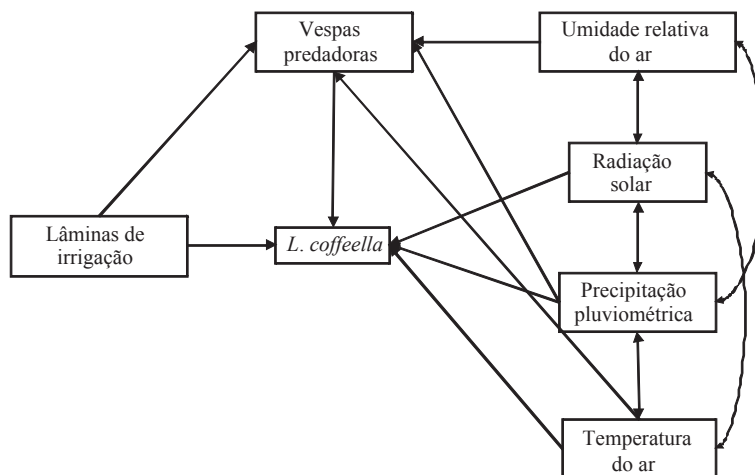


Fig 1 Esquema da análise de trilha testada para a verificação do efeito das variáveis ambientais (temperatura do ar, radiação solar, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar), lâminas de irrigação e vespas predadoras na densidade populacional de *Leucoptera coffeella*. Correlações entre variáveis independentes estão indicadas por setas bidirecionais. Interações através de coeficientes de regressão estão indicadas por setas unidirecionais.

Efeitos das variáveis ambientais e vespas predadoras em *L. coffeella*. De forma geral, a plotagem inicial dos dados climáticos, densidades de *L. coffeella* e vespas predadoras descreveram a influência da temperatura, radiação solar, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar na variação sazonal desses insetos (Fig 2).

Em 2005, a densidade de minas ativas de *L. coffeella* ultrapassou o nível de dano econômico (NDE) de 20% (Souza *et al* 1998) na 2ª semana de setembro, antes da frutificação. Entretanto, em 2006, a densidade da praga manteve-se abaixo do NDE. As maiores densidades do bicho mineiro e de vespas predadoras corresponderam a períodos de alta temperatura, com baixas precipitação e umidade relativa ocorrida no mês de setembro. Por outro lado, baixas densidades da praga e vespas foram observadas no mês de março, após precipitação e umidade relativa elevadas nos meses de janeiro e fevereiro (Fig 2).

O modelo de trilha foi aceito pelo teste de χ^2 ($P > 0,05$) (Fig 3), sendo a redução da densidade da praga resultado de efeitos diretos de variações na temperatura, radiação e precipitação, visto que as mesmas apresentaram relação negativa com a densidade do bicho-mineiro. Além disso, o aumento da precipitação reduziu a predação das vespas, com efeito indireto em *L. coffeella* ($R^2 = 0,84$, $P = 0,01$) (Fig 3, Tabela 2).

À medida que se elevaram as lâminas de irrigação, a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica e a radiação solar, a densidade populacional de *L. coffeella* se reduziu. Por outro lado, a população de vespas predadoras aumentou com a elevação da densidade populacional do bicho-mineiro, e a atividade desses predadores reduziu-se com a elevação da precipitação pluviométrica (Fig 4).

Apesar da relação negativa da temperatura sobre a densidade de *L. coffeella*, a temperatura permaneceu

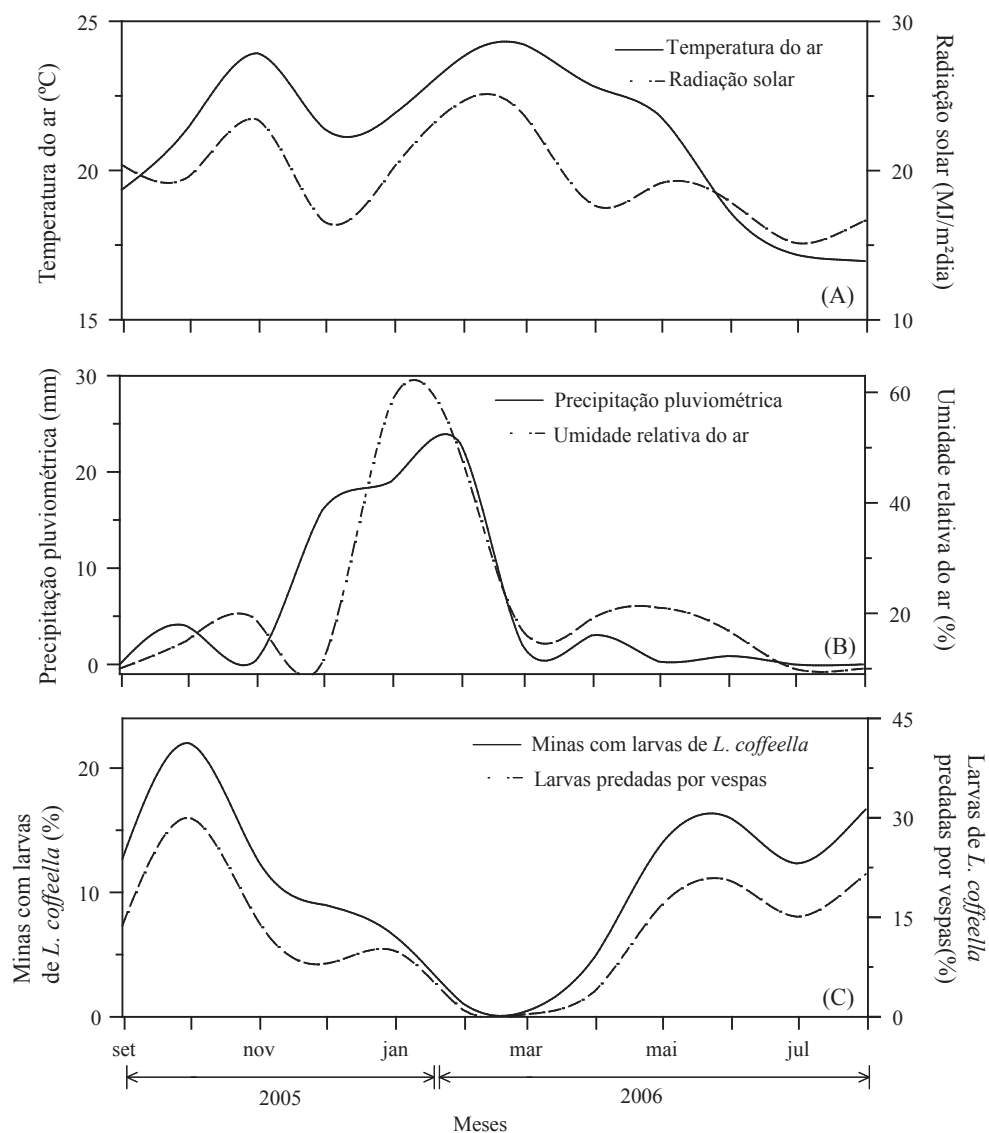


Fig 2 Variação sazonal das variáveis ambientais: A) temperatura do ar e radiação solar, B) precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar e C) densidades de minas com larvas vivas e sem larvas de *Leucoptera coffeella* predadas por vespas/10 folhas.

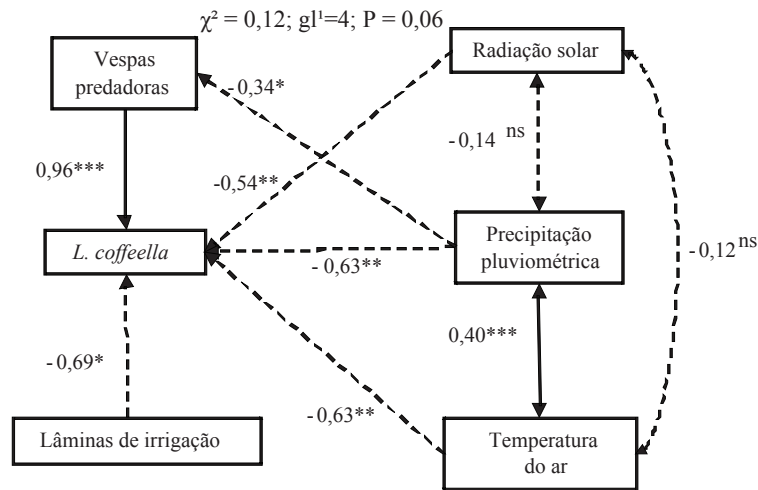


Fig 3 Diagrama de trilha da influência dos elementos climáticos, vespas predadoras e lâminas de irrigação na densidade de *Leucoptera coffeella* em *Coffea arabica*. Setas unidirecionais indicam interação causal de uma variável com a outra e setas bidirecionais correlação. Linhas contínuas e tracejadas representam efeitos positivos e negativos, respectivamente. χ^2 = qui-quadrado; gl¹= grau de liberdade do teste de qui-quadrado; coeficientes significativos a P < 0,10, P < 0,05 e P < 0,01 estão indicados com um, dois e três asteriscos (*), respectivamente; ns= Não significativo.

próxima à faixa ideal para a praga (15°C a 30°C) (Fig 2) (Parra 1985). A temperatura talvez seja a variável mais importante para organismos que possuem baixa regulação térmica corporal (Wallner 1987). Variações de temperatura podem afetar a sobrevivência e o desempenho dos insetos. Portanto, mesmo dentro de faixas ideais de temperatura para o desenvolvimento e reprodução desta praga, sua densidade apresentou variações ao longo do tempo.

A correlação negativa da radiação solar com o ataque da praga pode ser explicada pelo fato de a radiação causa dessecação dos ovos de *L. coffeella*, reduzindo sua densidade populacional, assim como observado para *Plutella xylostella*

Tabela 2 Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) do diagrama de trilha para o modelo da influência das variáveis ambientais, vespas predadoras e lâminas de irrigação na densidade populacional de *Leucoptera coffeella* em *Coffea arabica*.

Variável	<i>L. coffeella</i> ¹			Vespas predadoras ¹		
	ED	EI	ET	ED	EI	ET
Radiação solar (MJ/m ² /dia)	-0,54	.	-0,54	.	.	.
Precipitação pluviométrica (mm)	-0,63	-0,33	-0,96	-0,34	.	-0,34
Temperatura do ar (°C)	-0,63	.	-0,63	.	.	.
Lâminas irrigação (%)	-0,69	.	.	.	.	.
Vespas predadoras	0,96	.	0,96	.	.	.
<i>L. coffeella</i>	.	.	.	.	.	.
R ²	0,84			0,71		
P	0,01			0,04		

¹Efeitos diretos, indireto e total

L. (Lepidoptera: Plutellidae) (Caputo *et al* 2006).

A correlação negativa da precipitação com o ataque do bicho mineiro pode se dever a vários fatores. A precipitação tem sido geralmente relacionada de forma negativa à densidade de insetos (Zalucki *et al* 2002), uma vez que ela pode limitar a capacidade de vôo e encontros de parceiros para reprodução, afetando ainda a viabilidade de ovos, larvas e pupas (Bacca *et al* 2006). A elevada incidência de chuva tem sido relacionada à redução do ataque de *L. coffeella*, além de consistir em um fator inibitório à oviposição para *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Trivedi *et al* 1994, Pereira *et al* 2007). Esses resultados auxiliam a compreensão da dinâmica populacional de *L. coffeella* nos cafeeiros, já que o ataque dessa praga tem aumentado nos meses com baixa precipitação pluviométrica e altas temperaturas (Nestel *et al* 1994).

O aumento da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar reduziu a predação por vespas. Esses predadores são mais sensíveis a condições chuvosas, uma vez que a gota da chuva dificulta o seu vôo (Silva & Noda 2000, Klein *et al* 2004). Além disso, dias chuvosos podem alterar a temperatura de seu corpo fazendo com que permaneçam mais tempo em seus ninhos para manutenção da temperatura corporal (Heinrich 1996), podendo, assim, reduzir a atividade de forrageamento. Como exemplo, Pereira *et al* (2007) verificaram baixa predação das larvas de *L. coffeella* durante o período chuvoso e alta taxa de predação em período seco. O aumento da densidade populacional de vespas predadores devido ao aumento da densidade de *L. coffeella*, corrobora a teoria da resposta densidade dependente (Bardner 1978, Abrams & Ginzburg 2000) existente entre insetos e a atividade de predadores (Weiss *et al* 2004, Schenk & Bacher 2005), assim como já indicado para esse inseto praga e seus predadores (Pereira *et al* 2007). O aumento da intensidade de ataque de *L. coffeella* nas lavouras cafeeiras favorece, pois, a atividade forrageadora dos vespídeos predadores.

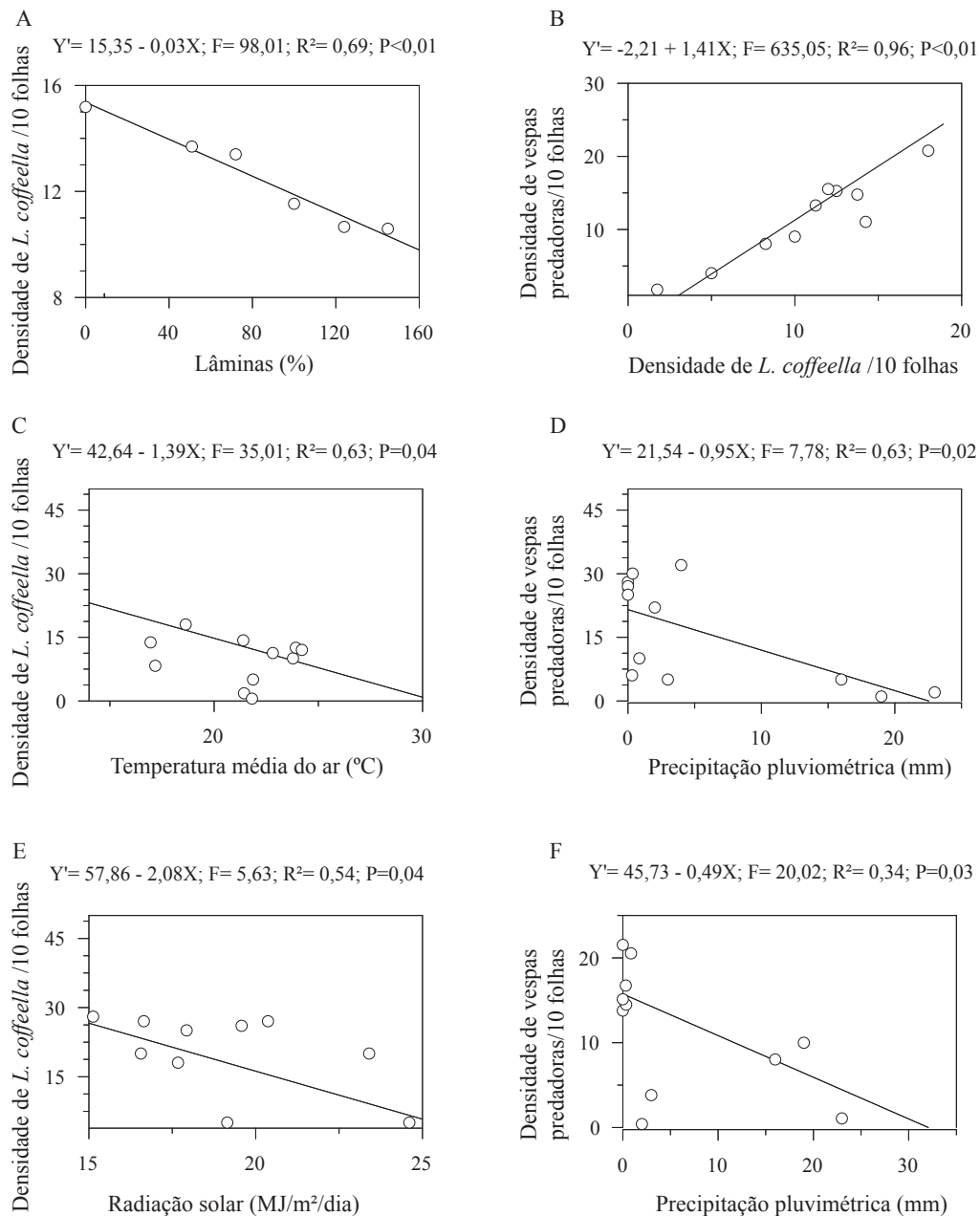


Fig 4 Relação entre as lâminas de irrigação (A), a densidade de vespas predadoras (B) e as variáveis ambientais [temperatura média do ar (C), precipitação pluviométrica (D), radiação solar (E)] e a densidade de *Leucoptera coffeella* e a relação da precipitação pluviométrica (F) e as vespas predadoras.

Efeito das lâminas de irrigação sobre *L. coffeella*. A elevação da lâmina de água no solo reduziu a densidade de *L. coffeella* ($R^2 = 0,84$, $P = 0,01$) (Tabela 2, Fig 3). Plantas em condições de estresse hídrico apresentam mudanças bioquímicas que favorecem o desempenho do inseto, elevando a concentração de nitrogênio e reduzindo substâncias defensivas nas plantas (Lawton & McNeill 1979). Meireles *et al* (2001), por exemplo, verificaram que plantas de café com déficit hídrico apresentaram altas infestações de *L. coffeella*. Lloid *et al* (2006) observaram aumento da herbivoria de lepidópteros em plantas de *Mallus* sp.

submetidas ao estresse hídrico, altos teores de nitrogênio e baixos teores de compostos fenólicos de defesa.

Assim, conclui-se que o aumento da precipitação pluviométrica, radiação solar e lâminas de irrigação reduzem a densidade populacional do bicho-mineiro do cafeeiro. Além disso, o aumento da densidade de vespas predadoras é dependente da densidade de *L. coffeella*. Neste sentido, a combinação de lâminas adequadas de irrigação com a manutenção dos ninhos de vespas predadoras pode auxiliar no manejo dessa praga de forma a mantê-la abaixo do nível de dano econômico.

Agradecimentos

À fazenda Vista Alegre em Jaboticatubas, MG, ao MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de Minas Gerais) pelos recursos e bolsas concedidos.

Referências

- Abrams P A, Ginzburg L R (2000) The nature of predation: prey dependent, ratio dependent or neither? *Trends Ecol Evol* 15: 337-341.
- Ashihara H, Crozier A (2001) Caffeine: a well known but little mentioned compound in plant science. *Trends Plant Sci* 6: 407-413.
- Awmack C S, Leather S R (2002) Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annu Rev Entomol* 47: 817-844.
- Bacca T, Lima, E R, Picanço M C, Guedes R N C, Viana J H M (2006) Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. *Entomol Exp Appl* 119: 39-45.
- Bardner R (1978) Pest-control in coffee. *Pestic Sci* 9: 458-464.
- Bastos C S, Galvão J C C, Picanço M C, Cecon P R, Pereira P R G (2003) Incidência de insetos fitófagos e de predadores no milho e no feijão cultivados em sistema exclusivo e consorciado. *Ciência Rural* 33: 391-397.
- Caixeta S L, Martinez H E P, Picanço M C, Cecon P R, Esposti M D D, Amaral J F T (2004) Nutrição e vigor de mudas de cafeeiro e infestação por bicho mineiro. *Ciência Rural* 34: 1429-1435.
- Caputo C, Rutitzky M, Ballaré C L (2006) Solar ultraviolet-B radiation alters the attractiveness of arabidopsis plants to diamondback moths (*Plutella xylostella* L.): impacts on oviposition and involvement of the jasmonic acid pathway. *Oecologia* 149: 81-90.
- Gallo D, Nakano O, Siveira Neto S, Baptista G C, Berti Filho E, Parra J R P, Alves S B, Zucchi R A, Vendramin J D, Marchi L C, Lopes J R S, Omoto C (2002) Manual de entomologia agrícola, 2 ed, Piracicaba, Ed. FEALQ, 649p.
- Gravena S (1983) Tática de manejo integrado de bicho-mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville, 1942): II Amostragem da praga e de seus inimigos naturais. *An Soc Entomol Brasil* 12: 273-281.
- Heinrich B (1996) The thermal warriors: strategies of insect survival. Cambridge, Harvard University Press, 221p.
- Hogendorp B K, Cloyd R A, Swiader J M (2006) Effect of nitrogen fertility on reproduction and development of citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), feeding on two colors of coleus, *Solenostemon scutellarioides* L. *Codd. Environ Entomol* 35: 201-211.
- Hopkins G W, Memmott J (2003) Seasonality of a tropical leaf-meaning moth: Leaf availability versus enemy-free space. *Ecol Entomol* 28: 687-693.
- Klein A M, Steffan-Dewenter I, Tschamtker T (2004) Foraging trip duration and density of megachilid bees, eumenid wasps and pompilid wasps in tropical agroforestry systems. *J Anim Ecol* 73: 517-525.
- Lam W K F, Pedigo L P, Hinz P N (2001) Population dynamics of bean leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in Central Iowa. *Environ Entomol* 6: 562-567.
- Lawton J H, McNeill S (1979) Between the devil and the deep blue sea: on the problem of being a herbivore, p.223-244. In Anderson R M, Turner B D, Taylor L R (eds) *Population dynamics*. Blackwell Scientific, Oxford, 434p.
- Lloyd J E, Herms D A, Rose M A, Van Wagoner J (2006) Fertilization rate and irrigation scheduling in the nursery influence growth, insect performance, and stress tolerance of 'Sutyzam' crabapple in the landscape. *Hortscience* 41: 442-445.
- Meireles D F, Carvalho J A, Moraes J C (2001) Avaliação da infestação do bicho-mineiro e do crescimento do cafeeiro submetido a diferentes níveis de déficit hídrico. *Cienc Agrotecnol* 25: 371-374.
- Mitchell R J (1993) Path analysis: pollination, p.211-231. In Scheiner S M, Gurevitch J (eds) *Design and analysis of ecological experiments*. New York, Chapman & Hall, 434p.
- Nestel D, Altieri M A, Dickschen F (1994) Seasonal and spatial population loads of a tropical insect-the case of the coffee leaf miner in Mexico. *Ecol Entomol* 19: 159-167.
- Parra J R P (1985) Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville, 1842) (Lepidoptera-Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no estado de São Paulo. *Rev Bras Entomol* 29: 45-76.
- Parra J R P, Gonçalves W, Gravena S, Marconato A R (1977). Parasitos e predadores do bicho mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville, 1842). *An Soc Entomol Brasil* 6: 138-143.
- Pereira E J G, Picanço, M C, Bacci L, Crespo A L B, Guedes R N C (2007) Seasonal mortality factors of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. *Bull Entomol Res* 97: 421-432.
- Reis P R, Souza J C (1996) Manejo integrado do bicho-mineiro, *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), e seu reflexo na produção de café. *An Soc Entomol Brasil* 25: 77-82.
- Reynolds D R, Riley J R, Armes N J, Cooter R J, Tucker M R, Colvin J (1997) Techniques for quantifying insect migration, p.111-145. In Dent D R, Walton M P (eds) *Methods in ecological and agricultural entomology*. Wallingford, CAB International, 387p.
- SAS Institute (2002) SAS® User's Guide, version 8.1, SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Schenk D, Bersier L F, Bacher S (2005) An experimental test of the nature of predation: neither prey- nor ratio-dependent. *J Anim Ecol* 74: 86-91.

- Silva E R, Noda S C M (2000) Aspectos da atividade forrageadora de *Mischocyttarus cerberus styx* Richards, 1940 (Hymenoptera, Vespidae): duração das viagens, especialização individual e ritmos diários e sazonal. *Rev Bras Zool* 2: 7-20.
- Sokal R R, Rohlf, F J (1995) *Biometry the principles and practice of statistics in biological research*. 2 ed, New York, Freeman, 890p.
- Souza J C, Reis P R, Rigitano R L O (1998) Bicho-mineiro-do-cafeiro: biologia, danos e manejo integrado. 2 ed, Belo Horizonte, Epamig, 48p. (EPAMIG, Boletim Técnico, 54).
- Taiz L, Zeiger E (2004) *Fisiologia vegetal*. 3 ed, Porto Alegre, Artmed, 719p.
- Trivedi T P, Rajagopal D, Tandon P L (1994) Environmental correlates of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Int J Pest Manag* 40: 305-308.
- Tuelher E S, Oliveira E E, Guedes R N C, Magalhães L C (2003) Ocorrência de bicho-mineiro do cafeiro (*Leucoptera coffeella*) influenciada pelo período estacional e pela altitude. *Acta Scient* 25: 119-124.
- Wallner W E (1987) Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species. *Annu Rev Entomol* 32: 317-340.
- Weiss M R, Wilson E, Castellanos I (2004) Predatory wasps learn to overcome the shelter defences of their larval prey. *Anim Behav* 68: 45-54.
- Zalucki M P, Clarke A R, Malcolm S B (2002) Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Ann Rev Entomol* 47: 361-393.

Received 11/II/08. Accepted 04/VIII/08
