

LEANDRO BACCI

FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DE *Tuta absoluta* AO  
TOMATEIRO

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Fitotecnia, para obtenção  
do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

LEANDRO BACCI

FATORES DETERMINANTES DO ATAQUE DE *Tuta absoluta* AO  
TOMATEIRO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 27 de novembro de 2006.

---

Prof. Derly José Henriques da  
Silva  
(Co-orientador)

---

Profa. Terezinha Maria Castro  
Della Lucia  
(Co-orientadora)

---

Prof. Raul Narciso Carvalho  
Guedes

---

Dra. Maria Aparecida Nogueira  
Sedyama

---

Prof. Marcelo Coutinho Picanço  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual seria impossível a conclusão do curso.

Ao Professor Marcelo Coutinho Picanço, pela participação na minha formação, orientação e amizade ao longo desses anos de convívio. Meus agradecimentos também a sua esposa Kátia, pelo agradável convívio.

Ao professor Raul Narciso Carvalho Guedes pela amizade, presteza, bom humor e orientações extras oficiais.

Aos amigos da época da graduação André Crespo, Eliseu Guedes, Emiliano Henriques, Marcos Rafael e Tederson Galvan pela grande amizade, convívio e companheirismo.

Ao Altair, Anália, Carla, Darley, Elisa, Emerson, Ézio, Flávio, Geraldo, Gerson, Jander, Jardel, Júlio, Karina, Laércio, Leidiane, Lucília, Marcelo Bahia, Marcio Dionizio, Matheus Campos, Matheus Chediak, Nilson, Pablo, Patrícia, Renan, Valquíria, Vânia, Wander e Wesley pela amizade e valiosa ajuda durante a coleta dos dados. Em especial gostaria de expressar minha gratidão ao Ézio de quem à ajuda foi imprescindível na execução desse trabalho.

A todos os estagiários do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, pela amizade e agradável convívio.

Aos professores Mário Puiatti, Terezinha M. Castro Della Lucia, Raul Narciso C. Guedes e Gulab N. Jham pelas críticas e sugestões que deram na participação da banca de qualificação.

Aos participantes da banca examinadora de defesa de tese: Derly J.H. da Silva, Terezinha Maria C. Della Lucia, Raul Narciso C. Guedes e Maria Aparecida N. Sedyama pelas críticas e sugestões.

Aos demais professores responsáveis pelos conhecimentos que adquiri durante minha formação.

Aos olericultores do município de Coimbra-MG: Aloízio, Assis, Isael, João, Luiz e Sebastião, por permitirem a execução desta pesquisa em suas propriedades e aos funcionários da Horta pela ajuda na execução dos experimentos.

Às secretárias da Fitotecnia e Entomologia, Mara, Paula e Miriam, pela competência e dedicação ao trabalho.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, o professor João Carlos Cardoso Galvão, pela competência na execução de seu árduo trabalho.

Aos meus pais José Leonildo Bacci e Celeste Berardi Bacci por sempre acreditarem em mim e terem feito o possível e o impossível para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã Ana Paula Bacci Daniek Salgado, meu irmão Alexandre Bacci e ao meu cunhado Alexandre Daniek Salgado pelo carinho e estímulo fraternal apesar da distância.

Aos meus sobrinhos Thamiris, Victor, Beatriz e Ana Laura pelo inigualável amor e alegria que sempre me proporcionam.

A minha querida companheira e futura esposa Ana pelo amor, amizade, companherismo, confiança e compreensão demonstrada ao longo desses anos de convivência. Os meus sinceros agradecimentos também aos meus futuros sogros José Antônio e Maria José e, cunhados Vinícius, Patrícia e Luciane pela confiança depositada em mim e pelos churrascos em Itabira.

E finalmente, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

## **BIOGRAFIA**

LEANDRO BACCI, filho de José Leonildo Bacci e Celeste Berardi Bacci, nasceu no dia 08 de março de 1975, em São Paulo, SP.

Cursou o ensino secundário no Colégio Integrado de Bragança Paulista (Objetivo), concluindo-o em 1992.

Em fevereiro de 1996 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa. Durante a graduação, de abril de 1996 a março de 2001, foi estagiário no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV sob orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado de pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais. Nesse período foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq por três anos consecutivos, e do Comitê Brasileiro de Ação contra a Resistência a Inseticidas (IRAC-BR) por um ano. Na ocasião de sua formatura em março de 2001, foi homenageado pelo Centro de Ciências Agrárias pelo seu excelente desempenho acadêmico.

Em abril de 2001, ingressou no curso de mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 27 de fevereiro de 2003. Em seguida, ingressou no Doutorado em Fitotecnia na mesma instituição, defendendo tese em 27 de novembro de 2006.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO.....</b>	vi
<b>ABSTRACT.....</b>	viii
<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	1
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	9
<b>CAPÍTULO I. Sazonalidade de <i>Tuta absoluta</i>: fenologia do tomateiro, elementos climáticos, mortalidade natural e aplicações de inseticidas.....</b>	15
Resumo.....	15
Abstract.....	17
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	22
Resultados.....	31
Discussão.....	46
Literatura Citada.....	55
<b>CAPÍTULO II. Variação sazonal dos fatores de mortalidade natural de <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae).....</b>	61
Resumo.....	61
Abstract.....	63
Introdução.....	65
Material e Métodos.....	67
Resultados.....	81
Discussão.....	107
Literatura Citada.....	115
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	123

## RESUMO

BACCI, Leandro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2006. **Fatores determinantes do ataque de *Tuta absoluta* ao tomateiro.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-orientadores: Derly José Henriques da Silva, Gulab Newandran Jham e Terezinha Maria Castro Della Lucia.

Objetivou-se com esta pesquisa estudar: i) os efeitos da fenologia do tomateiro, dos elementos climáticos, da mortalidade natural e da utilização de inseticidas na variação sazonal de populações de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) e ii) construir e analisar tabelas de vida ecológicas para *T. absoluta* em diferentes estações do ano, com o intuito de identificar os estágios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga. A utilização de inseticidas no tomateiro reduziu as injúrias de *T. absoluta*, mas não o suficiente para manter a praga abaixo do nível de dano econômico durante a época mais favorável ao crescimento populacional. O *status* de praga foi atingido por este inseto na maior parte do tempo após a frutificação do tomateiro. O período de maior densidade de minas e frutos broqueados em lavouras sem aplicação de inseticidas foi entre a 4ª semana de agosto e a 2ª semana de janeiro. Já em lavouras com aplicação de inseticidas estas densidades foram maiores entre a 4ª semana de setembro e 2ª semana de janeiro. A baixa densidade populacional de *T. absoluta*

durante o verão e o outono foi devida a alta mortalidade natural e aos efeitos diretos e indiretos dos elementos climáticos sobre esta praga. A redução da mortalidade natural e o aumento da velocidade do vento e da temperatura do ar foram as causas proximais dos ciclos sazonais de crescimento das populações. Já o declínio das populações correlacionou-se com o aumento da mortalidade natural e efeito negativo direto e indireto da chuva sobre *T. absoluta*. A mortalidade natural desta praga foi alta e variável entre os períodos amostrados. De forma geral, estes fatores causaram redução populacional na primavera e no verão e aumento no outono e no inverno. O estágio crítico de mortalidade de *T. absoluta* mais importante foi o estágio larval, sendo que larvas maiores foram mais vulneráveis aos fatores de mortalidade. Os fatores chave de mortalidade mais importantes na primavera-verão e outono-inverno foram a vespa predadora *Protonectrina sylveirae* e o parasitóide *Bracon* sp., respectivamente.



## ABSTRACT

BACCI, Leandro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2006. **Factors determining the attack of *Tuta absoluta* on tomato.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Derly José Henriques da Silva, Gulab Newandran Jham and Terezinha Maria Castro Della Lucia.

The objectives of this research were: i) to determine the effect of phenology of the tomato plant, climatic elements, natural mortality, and use of insecticides on the seasonal variation of population levels of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), and ii) to construct and analyze ecological for *T. absoluta* in different seasons in order to identify critical life stages and mortality key factors of this insect pest. The use of insecticides reduced the injury by *T. absoluta*, but not enough to keep the pest below the economic injury level during the season most favorable to population growth. *T. absoluta* often reached the status pest after fruit formation. The period of highest density of mines and fruits attacked by *T. absoluta* in farms without application of insecticides was between the 4th week of August and 2nd week of January. However in farms where insecticides were applied, the highest density mines and bored fruits was observed between 4th week of September and 2nd week of January. Natural mortality along with direct and indirect effects of climatic elements were responsible for the low

population level of *T. absoluta* during the summer and autumn. Decrease in natural mortality of the insect and increase of wind speed and air temperature were proximal causes of seasonal cycles of population growth of the tomato leafminer. On the other hand, population reduction correlated with increase in natural mortality and direct and indirect effect of rainfall on *T. absoluta*. The natural mortality of the leafminer was high and variable among the period studied, and numerous factors caused population reduction in the spring e summer and population increase during the autumn and winter. The critical stage of mortality of *T. absoluta* was larva, especially late instars, which are more venerable to the mortality factors. Key mortality factors in the spring-summer and autumn-winter were the predaceous wasp *Protonectrina sylveirae* and the parasitoid *Bracon* sp., respectively.

## INTRODUÇÃO GERAL

A tomaticultura no Brasil no ano de 2004 foi responsável pela produção de 3,52 milhões de toneladas em 60,2 mil ha colhidos, sendo a Região Sudeste responsável por 48,4% desta produção, destacando-se os Estados de São Paulo e Minas Gerais (IBGE, 2006). Os frutos são considerados úteis por apresentarem elevados teores de potássio (280 mg/100g), de vitaminas A (750 UI/100g) e C (22 mg/100g) e do pigmento licopeno (10 mg/100g), considerado anti-oxidante. Possuem ainda beta-caroteno, vitamina E, compostos fenólicos, *lignans* (precursores de fito-hormônios) e folatos (inibidores do acúmulo de homocisteína no sangue). A ingestão regular de tomate pode ajudar na prevenção de câncer no estômago, no pulmão e nas vias respiratórias (Fontes & Silva, 2002). Além da importância econômica e nutricional, essa atividade exerce notável influência social através da geração de grande número de empregos diretamente no campo e nas diversas fases de sua cadeia produtiva (Fontes & Silva, 2002; Hora *et al.*, 2004).

Os principais problemas enfrentados pelos tomaticultores são: o alto custo dos insumos (FNP, 2006), as pragas (Picanço *et al.*, 1997; Picanço *et al.*, 1998; Picanço *et al.*, 2000; Gallo *et al.*, 2002; Souza & Reis, 2003), as doenças (Kurozawa & Pavan,

1997; Picanço *et al.*, 1997; Picanço *et al.*, 1998) e as variações dos preços de comercialização (FNP, 2006).

Apesar do tomateiro ser cultivado durante todo o ano, as menores produtividades e os maiores preços são obtidos em cultivos realizados em épocas mais quentes. A variação da produtividade e do preço está diretamente relacionada à ocorrência de insetos-praga que causam grandes perdas e oneram o custo de produção (Picanço *et al.*, 2004). No Brasil, a traça do tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), é considerada a praga mais importante desta cultura. Apesar de atacar preferencialmente o tomateiro, esta praga ocorre também na cultura da batata *Solanum tuberosum* L. (Souza & Reis, 1992). Esse inseto é nativo na América do Sul, principalmente no centro de origem do tomate, que compreende o estreito território limitado pelo Equador, cordilheira do Andes, norte do Chile e litoral do Oceano Pacífico, incluindo o arquipélago das ilhas Galápagos (Giordano & Silva, 1999; Filgueira, 2000). A traça do tomateiro foi constatada no Brasil no início da década de 80 (Morais & Normanha Filho, 1982) e, desde então, vem se espalhando pelas regiões produtoras (Coelho & França, 1987) comprometendo seriamente a produtividade devido à sua alta capacidade destrutiva.

As larvas desse inseto afetam a produtividade por reduzir a área fotossintética ao alimentarem-se do mesófilo foliar (Coelho & França, 1987; Souza & Reis, 1992; Bogorni *et al.*, 2003); por afetar o crescimento vertical ao broquear o ponteiro e por broquear os botões florais, as flores e principalmente os frutos (Coelho & França, 1987; Miranda, 1997; Paula, 1997; Picanço *et al.*, 1997; Souza & Reis, 1992).

O ciclo de vida da *T. absoluta*, desde a postura dos ovos até a emergência dos adultos, varia de 76,3 a 23,8 dias à temperatura média de 14 a 27,1°C, respectivamente (Barrientos, 1998), ocorrendo numerosas gerações anualmente em regiões de clima tropical (Souza & Reis, 1992).

A postura é realizada preferencialmente nas folhas de forma isolada ou em pequenos grupos de ovos com cerca de 0,38mm de comprimento e 0,22mm de largura (Prastissoli *et al.*, 2003). Os ovos recém ovipostos apresentam coloração que varia de branco-brilhante a amarelo-claro e próximo da eclosão de marrom a avermelhado. A incubação é de 4,3; 4,8 e 5,1 dias às temperaturas médias de 27,0; 22,8 e 18,55°C, respectivamente (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990).

As lagartas penetram nas folhas em 20 a 45 minutos após a eclosão (Coelho & França, 1987). Na fase larval a traça do tomateiro passa por quatro ínstaes e pode, principalmente no quarto ínstar, abandonar os tecidos internos das folhas e migrar através de um fio de seda para outros órgãos da planta (Coelho & França, 1987; Imenes *et al.*, 1990). Os ínstaes larvais são diferenciados em função do comprimento do corpo e da largura da cápsula cefálica que variam para o primeiro ínstar de 0,4-0,6 mm e 0,16-0,18 mm; para o segundo ínstar de 0,6-6,0 mm e 0,22-0,28 mm; para o terceiro ínstar de 6,0-7,0 mm e 0,34-0,40 mm e para o quarto ínstar 7,0-8,0 mm e 0,52-0,60 mm, respectivamente. A coloração varia de amarelo-claro ao pardo-escuro. Inicialmente a cabeça marrom escura apresenta-se mais larga que o corpo não se distinguindo ainda a placa quitinosa. Ao alimentar-se da planta tornam-se esverdeadas, verde-escuro ou rosada. O período larval varia de 10,95; 13,0 e 19,17 dias às temperaturas médias de 27,0; 22,8 e 18,55°C, respectivamente (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990).

As pupas são freqüentemente encontradas no solo, mas podem também permanecer nos folíolos ou caule envolvidas por um casulo de seda. Podem ainda empupar sem a formação de casulos dentro de galerias ou frutos (Coelho & França, 1987; Imenes *et al.*, 1990). O período pupal é de 6,15 dias à temperatura média de 27,0°C (Haji *et al.*, 1988), 10-11 dias à temperatura média de 22,8°C (Coelho & França, 1987) e 10,8 dias para machos e 9,66 dias para fêmeas às temperaturas médias de

18,5°C (Imenes *et al.*, 1990). A coloração varia de verde a castanho no seu início até marrom-escuro próximo da emergência do adulto (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990).

Os adultos emergem à noite e o acasalamento ocorre na primeira noite de emergência e nas primeiras horas do dia (Nakano & Paulo, 1983). Essas mariposas possuem coloração predominantemente cinza-prateada com abdomen marrom-claro e apresentam 5mm de comprimento, 1mm de largura e 9mm de envergadura. O abdomen é mais robusto nas fêmeas do que nos machos (Haji *et al.*, 1988). A cabeça é pouco escamosa e possui ocelos. As antenas, mais largas nos machos, são filiformes com anéis claros e escuros alternados (Coelho & França, 1987).

Os adultos vivem de 7,5 a 36,47 dias, sendo que as fêmeas vivem mais que os machos (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990). Em média, as fêmeas não alimentadas fazem 7,3 posturas em um período de 8,5 dias, ovipositando 145 ovos, podendo chegar a 262 ovos caso sejam bem alimentadas (Imenes *et al.*, 1990). A qualidade de alimentação das larvas irá determinar a razão sexual e a fecundidade (Mihsfeldt & Parra, 1999). A alimentação de larvas com folhas de tomateiro “Santa Clara” resultou em uma razão sexual de 0,5973 e uma fecundidade de 183 ovos/ fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999).

As fêmeas preferem ovipositar nos estratos mediano e apical do dossel, nos estádios vegetativo e reprodutivo, respectivamente (Labory *et al.*, 1999; Leite *et al.*, 1999ab; Prastissoli *et al.*, 2003) e as lagartas preferem o estrato mediano do dossel em ambos os estádios (Leite *et al.*, 1999a; Torres *et al.*, 2001).

A alta capacidade de injúria dessa praga aliada à exigência cosmética do produto pelo mercado consumidor (Picanço & Marquini, 1999) determinam o elevado número de aplicações de inseticidas no agroecossistema tomateiro aumentando assim, o custo de produção e prejuízos ao meio ambiente e ao consumidor. Atualmente, até três

aplicações semanais de inseticidas têm sido realizadas ao longo de todo o ciclo da cultura, chegando ao extremo de 36 aplicações durante o cultivo (Leite *et al.*, 1998; Picanço *et al.*, 2000). O uso intensivo de inseticidas tem acarretado inúmeros problemas como: contaminação do homem, do solo e da água, resíduos nos frutos, resistência da praga aos inseticidas, além de prejudicar o controle biológico natural, causando a ressurgência de pragas-chave e erupção de pragas secundárias (Villas-Bôas, 1989; Moreira, 1995).

Para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (MIP) para *T. absoluta* é necessário que se desenvolvam pesquisas que dêem suporte à manipulação dos fatores que influenciam a intensidade de ataque dessa praga. Entre os fatores mais importantes que afetam o ataque de insetos-praga às plantas estão os fatores relacionados à planta hospedeira, os elementos climáticos, os agentes do controle biológico e o uso de inseticidas. O conhecimento da época e magnitude desses fatores é fundamental para o estudo da dinâmica de populações e desenvolvimento de eficientes sistemas de manejo de pragas.

Padrões temporais na abundância local dos insetos poderiam ser regulados de baixo para cima (regulação bottom-up) (Hunter *et al.*, 1992; Power, 1992; Price, 1992), devido ao processo de desenvolvimento das plantas de natureza ontogenética (Kearsley & Whitham, 1989; Roininen *et al.*, 1993; Spiegel & Price, 1996; Karban & Thaler, 1999). A idade fisiológica da planta pode ser importante do ponto de vista ecológico porque, além do crescimento ou aumento de biomassa, ocorrem mudanças estruturais e de estratégias de alocação de nutrientes e defesas, como por exemplo, entre partes vegetativas e reprodutivas ou entre folhas novas e velhas (Campos *et al.*, 2003). Por outro lado, variações ambientais locais também podem promover alterações na fitofagia por modificar a natureza fenotípica das plantas e conseqüentemente, sua qualidade como recurso alimentar (Karban & Baldwin, 1997). Dessa forma, características da

planta hospedeira como estado fenológico, morfologia, estado nutricional e aleloquímicos podem afetar a performance e mortalidade de *T. absoluta* e desempenhar importante papel em sua dinâmica populacional. Esses fatores podem reduzir a viabilidade dos ovos e afetar os processos fisiológicos durante os processos de muda e metamorfose aumentando assim a mortalidade nos estágios imaturos do inseto (Awmack & Leather, 2002).

Os elementos climáticos podem influenciar direta ou indiretamente o ataque de *T. absoluta*. Entre as possíveis ações diretas dos elementos climáticos sobre este inseto está a ação dos ventos favorecendo a dispersão dos adultos, das chuvas como fator de mortalidade de ovos e larvas, e da temperatura afetando o desenvolvimento e a reprodução deste inseto. Já a ação indireta dos elementos climáticos sobre *T. absoluta* pode ocorrer através da influência do clima sobre os inimigos naturais e composição química do tomateiro (Castelo Branco, 1992). Os relatos da influência dos elementos climáticos sobre inimigos naturais da *T. absoluta* são escassos (Miranda *et al.*, 1998a), não existindo estudos da interação entre *T. absoluta*, clima e inimigos naturais na espécie de tomate cultivada.

Os agentes de controle biológico de *T. absoluta* são predadores, parasitóides e entomopatógenos. Os inimigos naturais relatados como predadores de ovos de *T. absoluta* são: *Xylocoris* sp. (Hemiptera: Anthocoridae), *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinelidae) e Thysanoptera: Phlaeothripidae. Já os predadores de larvas são: *Metacanthus tenellus* (Hemiptera: Berytidae), *Xylocoris* sp. e *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae), *Geocoris* sp. (Hemiptera: Lygaeidae) e adultos de Hymenoptera: Vespidae. Os predadores de pupas são Hymenoptera: Formicidae (Miranda *et al.*, 1998ab; Oliver & Bringas, 2000). Existem também parasitóides que controlam *T. absoluta* nas fases de ovo, larva e pupa. Os parasitóides de ovos registrados são os *Trichogramma pretiosum* Riley, *Trichogramma nerudai* Pintureau & Gerding e



*Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Miranda *et al.*, 1998ab; Botto & Lanteri, 1999; Querino & Zucchi, 2003). Os parasitóides de larvas e de pupas registrados são os Hymenoptera: *Bracon* sp., *Bracon lulensis*, *Bracon tutus*, *Bracon lucileae*, *Chelonus* sp., *Orgilus* sp. e *Pseudapanteles dignus* (Braconidae), *Conura* sp. (Chalcididae), *Copidosoma* sp. (Encyrtidae), *Galeopsomya* sp. (Eulophidae), *Goniozus nigrifemur* (Bethyidae) (Miranda *et al.*, 1998a; Botto & Lanteri, 1999; Berta & Colomo, 2000; Melo & Campos, 2000; Marchiori *et al.*, 2003). Entre os principais entomopatógenos desta praga estão as bactérias (*Bacillus thuringiensis*) e fungos (*Beauveria bassiana* e *Zoophthora* sp.) (Marques & Alves, 1995; Melo & Campos, 2000; Giustolin *et al.*, 2001).

Entre os principais instrumentos de pesquisa utilizados nos estudos de fatores determinantes da intensidade de ataque das pragas estão as tabelas de vida ecológicas. Elas permitem o estudo qualitativo e quantitativo dos fatores chave de mortalidade dos insetos (Harcourt, 1961; Morris, 1963; Varley *et al.*, 1973; Rabinovich, 1978), possibilitando a identificação de fatores chave (Morris, 1963) e de fases críticas de mortalidade da praga em questão (Harcourt, 1961). A fase crítica é aquela que determina o tamanho de determinada população. O fator chave de mortalidade é aquele de maior importância relativa na fase crítica (Harcourt, 1961; Morris, 1963; Varley *et al.*, 1973; Podoler & Rogers, 1975; Rabinovich, 1978).

Outra ferramenta que vem sendo utilizada para investigar modelos complexos que envolvem mais de uma variável dependente é a análise de trilha (Mitchell, 1993; Eubanks, 2001). Esta análise pode ser utilizada para identificar e quantificar as interações diretas e indiretas entre a densidade populacional do inseto praga com os elementos climáticos. As interações são representadas por coeficientes de regressão e correlação. O coeficiente de trilha (coeficiente de regressão) quantifica a intensidade de cada efeito direto na variável resposta (Li, 1975; Mitchell, 1993; Sokal & Rohlf, 1995).

Interações entre variáveis independentes são representadas por coeficientes de correlação. O efeito indireto de uma variável é calculado quando a trilha passa entre uma ou mais variáveis intermediárias até chegar à variável resposta. Um coeficiente indireto é obtido através do produto de todos os coeficientes ao longo de uma trilha. Quando mais de uma trilha chega à variável resposta os coeficientes de trilha indiretos são somados para calcular o coeficiente indireto total (Li, 1975; Sokal & Rohlf, 1995).

Assim, devido à escassez de conhecimentos sobre os fatores determinantes do ataque de *T. absoluta*, esta pesquisa tem como objetivos estudar: i) os efeitos da fenologia do tomateiro, dos elementos climáticos, da mortalidade natural e da utilização de inseticidas na variação sazonal de populações deste inseto praga e ii) construir e analisar tabelas de vida ecológicas para *T. absoluta* em diferentes estações do ano, com o intuito de identificar os estágios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga.

## LITERATURA CITADA

- AWMACK, C.S.; LEATHER, S.R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v.47, p.817-844, 2002.
- BARRIENTOS, Z.R.; APABLAZA, H.J.; NORERO, S.A.; ESTAY, P.P. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ciência e Investigación Agraria**, v.25, n.3, p.133-137, 1998.
- BERTA, D.C.; COLOMO, M.V. Dos especies nuevas de *Bracon* F. y primera cita para la Argentina de *Bracon lucileae* Marsh (Hymenoptera, Braconidae), parasitoides de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Insecta Mundi**, v.14, p.211-219, 2000.
- BORGONI, C.P.; SILVA, R.A.; CARVALHO, G.S. Consumo de mesofilo foliar por *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) por três cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.7-11, 2003.
- BOTTO, E.N.; LANTERI, A.A. Control biológico de plagas hortícolas en ambientes protegidos. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.58, p.58-64, 1999.
- CAMPOS, W.G.; SCHOEREDER, J.H.; PICANÇO, M.C. Performance of an oligophagous insect in relation to the age of the host plant. **Neotropical Entomology**, v.32, n.4, p.671-676, 2003.
- CASTELO BRANCO, M. Flutuação populacional da traça-do-tomateiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v.10, p.33-34, 1992.

- COELHO, M.C.F.; FRANÇA, F.H. Biologia, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.2, p.129-135, 1987.
- EUBANKS, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control**, v.21, p.35-43, 2001.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2000, 412p.
- FNP. Hortfruits. In: **Agrianual: Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2006. p.333-.
- FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002, 196p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA 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. **Manual de Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920p.
- GIORDANO, L.B.; SILVA, C. Hibridação em tomate. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p.463-480.
- GIUSTOLIN, T.A.; VENDRAMIM, J.D.; ALVES, S.B.; VIEIRA, E.S.A. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) criada em dois genótipos de tomateiro. **Neotropical Entomology**, v.30, p.417-421, 2001.
- HAI, F.N.P.; OLIVEIRA, C.A.V.; AMORIM NETO, M.S.; BATISTA, J.G.S. Flutuação populacional da traça do tomateiro no submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.1, p.7-14, 1988.
- HARCOURT, D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.6, p.175-196, 1961.
- HORA, R.C.; GOTO, R.; BRANDÃO FILHO, J.U.T. O lugar especial da produção de hortaliças no agronegócio. In: FNP (Ed.). **Agrianual: Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2004. p.322-323.
- HUNTER, M.D.; OHGUSHI, T.; PRICE, P.W. **Effects of resource distribution on animal-plant interactions**. San Diego: Academic Press, 1992, 505p.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2006. Acessado em maio de 2006. [www.ibge.gov.br].

- IMENES, S.D.L.; FERNANDES, M.A.U.; CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P. Aspectos biológicos e comportamentais da traça do tomateiro *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917), (Lepidoptera – Gelechiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.57, n.1/2, p.63-68, 1990.
- KARBAN, R.; BALDWIN, I.T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: Chicago University Press, 1997, 319p.
- KARBAN, R.; THALER, J.S. Plant phase change and resistance to herbivory. **Ecology**, v.80, p.510-517, 1999.
- KEARSLEY, M.J.C.; WHITHAM, T.G. Developmental changes in resistance to herbivory: Implications for individuals and populations. **Ecology**, v.70, p.422-434, 1989.
- KUROZAWA, C.; PAVAN M.A. Doenças do Tomateiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.). **Manual de Fitopatologia - Doenças das Plantas Cultivadas. v2**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p.690-720.
- LABORY, C.R.G.; SANTA CECÍLIA, L.V.C.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; BEARZOTTI, E.; SOUZA, J.C. Seleção indireta para teor de 2- tridecanona em tomateiros segregantes e sua relação com a resistência à traça do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.5, p.733-740, 1999.
- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.; GUEDES, R.N.C.; GUSMÃO, M.R. Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastra lecheguana* (Latreille) (Hymenoptera: Vespidae), a predator of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ceiba**, v.39, p.3-6, 1998.
- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.; GUEDES, R.N.C.; SKOWRONSKI, L. Effect of fertilization levels, age and canopy height of *Lycopersicon hirsutum* on the resistance to *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.91, n.2, p.267-273, 1999a.
- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.C.; DELLA LUCIA, T.M.C.; MOREIRA, M.D. Role of canopy height in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.123, n.8, p.459-463, 1999b.
- LI, C.C. **Path Analysis: A Primer**. Pacific Grove: Boxwood Press, 1975, 347p.
- MARCHIORI, C.H.; SILVA, C.G.; LOBO, A.P. Primeira ocorrência do parasitóide *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae) em pupas de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) em cultivar de tomate em Lavras, Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70, p.115-116, 2003.

- MARQUES, I.M.R.; ALVES, S.B. Influência de *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* no parasitismo de *Scrobipalpuloides absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) por *Trichogramma pretiosum* R. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.38, p.317-325, 1995.
- MELO, M.; CAMPOS, A.D. Ocorrência de inimigos naturais da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Agropecuária Clima Temperado**, v.3, p.269-274, 2000.
- MIHSFELDT; L.H; PARRA, J.R.P. Biologia de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) em dieta artificial. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, 1999.
- MIRANDA, M.M.M. **Impacto do manejo integrado na predação e no parasitismo das pragas do tomateiro**. Viçosa, 1997, 105p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- MIRANDA, M.M.M.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.8, p.597-606, 1998a.
- MIRANDA, M.M.M.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, G.L.D.; De CLERCQ, P. Sampling and non-action levels for predators and parasitoids of virus vectors and leaf miners of tomato plants in Brazil. **Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappe Universiteit Gent**, v.63, p.519-523, 1998b.
- MITCHELL, R.J. Path analysis: pollination. In: SCHEINER, S.M.; GUREVITCH, J. (Eds). **Design and analysis of ecological experiments**. New York: Chapman & Hall, 1993, p.217-234.
- MORAIS, G.J.; NORMANHA FILHO, J.A. Surto de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) em tomateiro no Trópico Semi-Árido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.3, p.503-504, 1982.
- MOREIRA, L.F. **Diagnóstico dos problemas ecotoxicológicos causados pelo uso de inseticidas (metamidofós) na Região de Viçosa-MG**. Viçosa, 1995, 95p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- MORRIS, R.F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v.32, p.6-21, 1963.
- NAKANO, O; PAULO, A.D. As traças do tomateiro. **Agroquímica**, v.20, n.4, p.8-12, 1983.
- OLIVER, J.A.I.; BRINGAS, Y.M. Efecto en las poblaciones del predador *Metacanthus tenellus* (Heteroptera: Berytidae) por los insecticidas botánicos rotenona y neem en el cultivo de tomate en el Perú. **Revista Colombiana de Entomología**, v.26, p.89-97, 2000.

- PAULA, S.V. **Incidência de pragas e reflexos na produção do tomateiro em função da adoção de nível de controle e de faixas circundantes**. Viçosa, 1997. 90p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- PICANÇO, M.C.; FALEIRO, F.G.; PALLINI FILHO, A.; MATIOLI, A.L. Perdas na produtividade do tomateiro em sistemas alternativos de controle fitossanitário. **Horticultura Brasileira**, v.15, n.2, p.88-91, 1997.
- PICANÇO, M.C.; LEITE, G.L.D.; GUEDES, R.N.C.; SILVA, E.A. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal spray and plant spacing. **Crop Protection**, v.17, n.5, p.447-452. 1998.
- PICANÇO, M.C.; MARQUINI, F. Manejo integrado de pragas de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, p.26-133, 1999.
- PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; GALVAN, T.L. **Manejo integrado de pragas de hortaliças**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas. Viçosa: UFV, 2000. p.275-324.
- PICANÇO, M.C.; PAULA, S.V.; JUNIOR, A.R.M.; OLIVEIRA, I.R.; SEMEÃO, A.A.; ROSADO, J.F. Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. **Acta Scientiarum**, v.26, n.2, p.245-252, 2004.
- PODOLER, H.; ROGERS, D. A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal Animal Ecology**, v.44, n.1, p.85-114, 1975.
- POWER, M.E. Top-down and bottom-up forces in food webs: Do plants have primacy? **Ecology**, v.73, p.733-746, 1992.
- PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; FERNANDES, O.A.; OLIVERIA, R.C.; ZAGO, H.B.; PEREIRA, F.F. Oviposition pattern of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), on tomato under different population densities of adults in greenhouse. **Agro-Ciencia**, v.19, n.1, p.11-15, 2003.
- PRICE, P.W. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1997, 874p.
- QUERINO, R.B.; ZUCCHI, R.A. Caracterização morfológica de dez espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) registradas na América do Sul. **Neotropical Entomology**, v.32, p.597-613, 2003.
- RABINOVICH, J.E. **Ecología de poblaciones animales**. Washington: OEA, 1978, 144p.
- ROININEN, H.; PRICE, P.W.; TAHVANAINEN, J. Colonization and extinction in a population of the shoot - galling sawfly, *Euura amerinae*. **Oikos**, v.68, p.448-454, 1993.

- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. New York: W.F. Freeman, 1995, 887p.
- SOUZA, J.C.; REIS, P.R. **Traça-do-tomateiro: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1992, (Boletim Técnico, 38), 20p.
- SOUZA, J.C.; REIS, P.R. Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. **Informe Agropecuário**, v.24, n.219, p.79-92, 2003.
- SPIEGEL, L.H.; PRICE, P.W. Plant aging and the distribution of *Rhyacionia neomexicana* (Lepidoptera: Tortricidae). **Environmental Entomology**, v.25, p.359-365, 1996.
- TORRES, J.B.; FARIA, C.A.; EVANGELISTA, W.S.; PRATISSOLI, D. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. **International Journal of Pest Management**, v.47, n.3, p.173-178, 2001.
- VARLEY, C.G.; GRADWELL, G.R.; HASSELL, M.P. **Insect population ecology – an analytical approach**. Oxford: Blackwell Scientific, 1973, 212p.
- VILLAS-BÔAS, G.J. Métodos de controle de pragas em hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.7, n.1, p.3-6, 1989.



**SAZONALIDADE DE *Tuta absoluta*: FENOLOGIA DO TOMATEIRO,  
ELEMENTOS CLIMÁTICOS, MORTALIDADE NATURAL E APLICAÇÕES  
DE INSETICIDAS**

RESUMO - Ampla variedade de fatores bióticos e abióticos age promovendo a variação sazonal em populações de insetos praga. 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. Assim, objetivou-se estudar os efeitos da fenologia do tomateiro, dos elementos climáticos, da mortalidade natural e da utilização de inseticidas na variação sazonal da intensidade de ataque de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). O estudo foi realizado ao longo de três anos em lavouras de tomate com e sem aplicações de inseticidas. As lavouras foram separadas em dois estádios fenológicos: antes e após a frutificação. Foram monitoradas semanalmente as densidades de adultos, ovos, minas e frutos broqueados por *T. absoluta* desde o início até o término das lavouras. Os dados dos elementos climáticos: vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram monitorados diariamente durante o período experimental. Neste estudo pode-se observar que a utilização de inseticidas no tomateiro reduziu as injúrias de *T. absoluta*, mas não o suficiente para manter a praga abaixo do nível de dano econômico durante a época mais favorável ao crescimento populacional. O *status* de praga foi atingido por este inseto na maior parte do tempo após a

frutificação do tomateiro. O período de maior densidade de minas e frutos broqueados em lavouras sem aplicação de inseticidas foi entre a 4ª semana de agosto e a 2ª semana de janeiro. Já em lavouras com aplicação de inseticidas estas densidades foram maiores entre a 4ª semana de setembro e 2ª semana de janeiro. A baixa densidade populacional de *T. absoluta* durante o verão e o outono foi devida a alta mortalidade natural e aos efeitos diretos e indiretos dos elementos climáticos sobre esta praga. A redução da mortalidade natural e o aumento da velocidade do vento e da temperatura do ar foram as causas proximais dos ciclos sazonais de crescimento das populações. Já o declínio das populações correlacionou-se com o aumento da mortalidade natural e efeito negativo direto e indireto da chuva sobre *T. absoluta*. Estudos futuros visando a determinação de estratégias e táticas de manejo desta praga devem levar em consideração a sua época de ocorrência e os fatores relacionados com as variações sazonais em suas populações.

**Palavras-chave:** traça do tomateiro, dinâmica populacional, vento, temperatura, chuva, análise de trilha.

**SEASONALITY OF *Tuta absoluta*: PHENOLOGY OF TOMATO PLANT,  
CLIMATIC ELEMENTS, NATURAL MORTALITY AND APPLICATIONS OF  
INSECTICIDES**

ABSTRACT – A wide variety of abiotic and biotic factors act promoting seasonal variation in populations of insect pests. Knowledge of the time and magnitude of those factors is fundamental for the study of population dynamics and development of efficient pest management systems. Thus, the effects of phenology of the tomato plant, climatic elements, natural mortality and use of insecticides on the seasonal variation of the intensity of attack of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) were studied. The study was conducted in three years in tomato plots with and without applications of insecticides. The plots were separate in two phenological stages: before and after the fruit formation. They were monitored weekly and densities of moths, eggs, mines and fruits attacked by *Tuta absoluta* were recorded throughout one cultivation cycle. Data on the climatic elements including wind speed, rainfall and air temperature were monitored daily during the experimental period. Results showed that the use of insecticides reduced the injury by *T. absoluta*, but not enough to keep the pest below the economic injury level during the season most favorable to population growth. *T. absoluta* often reached the status pest after fruit formation. The period of highest

density of mines and fruits attacked by *T. absoluta* in farms without application of insecticides was between the 4th week of August and 2nd week of January. However in farms where insecticides were applied, the highest density mines and bored fruits was observed between 4th week of September and 2nd week of January. Natural mortality along with direct and indirect effects of climatic elements were responsible for the low population level of *T. absoluta* during the summer and autumn. Decrease in natural mortality of the insect and increase of wind speed and air temperature were proximal causes of seasonal cycles of population growth of the tomato leafminer. On the other hand, population reduction correlated with increase in natural mortality and direct and indirect effect of rainfall on *T. absoluta*. The natural mortality of the leafminer was high and variable among the period studied, and numerous factors caused population reduction in the spring e summer and population increase during the autumn and winter. Future studies seeking the determination of strategies and tactics of management of this pest should take in consideration its occurrence time and the factors related with the seasonal variations in its populations population levels.

**Keywords:** tomato leafminer, population dynamics, wind, temperature, rainfall, path analysis.

## INTRODUÇÃO

Insetos herbívoros podem ser mais abundantes em algumas épocas do ano (Campos *et al.*, 2006) ou em determinado estágio fenológico do hospedeiro (Spiegel & Price, 1996; Waltz & Whitham, 1997). Ampla variedade de fatores bióticos e abióticos agem promovendo a variação sazonal em populações de insetos praga. Esses fatores podem ocorrer naturalmente, como os predadores, parasitóides, patógenos, características da planta hospedeira e condições climáticas; ou podem ser induzidos pelo homem como o uso de inseticidas. 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.

A traça do tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), é a principal praga do tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. na América do Sul (Michereff Filho *et al.*, 2000; Leite *et al.*, 2001). As perdas ocasionadas por este inseto variam entre os estágios fenológicos do tomateiro (Gonring, 2004) e ao longo do ano (Castelo Branco, 1992). Dependendo da época do ano as perdas podem chegar a 100% devido ao ataque nas folhas, flores, caule e principalmente nos frutos (Picanço *et al.*, 1995).

Os cultivos de tomate geralmente ocorrem sob a forma de manchas temporárias de recursos para insetos herbívoros. Entretanto, em locais onde o tomateiro é cultivado

durante todo o ano, a hipótese de que ciclos sazonais em populações de insetos tropicais são resultantes da variação na disponibilidade de recursos (Wolda, 1978a,b,1988; Janzen, 1987) pode ser descartada. De fato, *T. absoluta* possui grande capacidade de se deslocar entre cultivos (Bentacourt *et al.*, 1996) e parece ter a sua história de vida ajustada às variações climáticas (Castelo Branco, 1992), características da planta hospedeira e ação de inimigos naturais (Miranda *et al.*, 1998).

Os elementos climáticos podem influenciar diretamente nas atividades de insetos fitófagos como oviposição, alimentação, crescimento, desenvolvimento, reprodução e migração (Lam *et al.*, 2001; Hopkins & Memmott, 2003) ou indiretamente através da ação sobre inimigos naturais e mudanças fisiológicas e bioquímicas na planta hospedeira (Hopkins & Memmott, 2003). Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica e a velocidade do vento são os principais fatores relacionados à dinâmica populacional de insetos praga em diversos agroecossistemas (Wallner, 1987; Reynolds *et al.*, 1997).

Padrões temporais na abundância local dos insetos podem ser regulados de baixo para cima (regulação “bottom-up”) (Hunter *et al.*, 1992; Power, 1992; Price, 1997), devido ao processo de desenvolvimento das plantas de natureza ontogenética (Kearsley & Whitham, 1989; Roininen *et al.*, 1993; Spiegel & Price, 1996; Karban & Thaler, 1999). A idade fisiológica da planta pode ser importante do ponto de vista ecológico porque, além do crescimento ou aumento de biomassa, ocorrem mudanças estruturais e de estratégias de alocação de nutrientes e defesas, como por exemplo, entre partes vegetativas e reprodutivas ou entre folhas novas e velhas (Campos *et al.*, 2003). Por outro lado, variações ambientais locais também podem promover alterações na fitofagia por modificar a natureza fenotípica das plantas e conseqüentemente, sua qualidade como recurso alimentar (Karbon & Baldwin, 1997).

Dessa forma, elementos climáticos e características da planta hospedeira representam importantes reguladores da dinâmica populacional por afetarem a mortalidade natural dos insetos praga. O conhecimento da variação sazonal desses fatores é essencial para o entendimento das forças que atuam sobre a população. Cultivos comerciais de tomate utilizam grande número de aplicações de inseticidas (Leite *et al.*, 1998; Picanço *et al.*, 2000) e, portanto impossibilitam o estudo dos fatores de mortalidade natural de fitófagos devido aos efeitos deletérios diretos destes sobre os inimigos naturais (Moura *et al.*, 2005).

Assim, com o intuito de gerar informações fundamentais à elaboração de estratégias e táticas de manejo para *T. absoluta*, este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da fenologia do tomateiro, dos elementos climáticos, da mortalidade natural e da utilização de inseticidas na variação sazonal de populações deste inseto praga. Este conhecimento possibilitará o manejo preventivo de *T. absoluta* com benefícios econômicos, ecológicos e sócio-ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e condução das lavouras

O estudo foi realizado em lavouras de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. nos municípios de Viçosa e Coimbra, Minas Gerais, Brasil, localizados na microrregião de Viçosa (20° 28' e 21° 20' S; 42° 20' e 43° 13'W; limite altitudinal 750 m) (Coelho *et al.*, 2005), onde o tomateiro é cultivado rotineiramente durante todo o ano. Os dois locais de coleta possuem clima muito semelhante e as lavouras diferiram basicamente pela ausência e utilização de inseticidas, respectivamente. Os dados foram coletados de maio/2004 a março/2006 em oito lavouras de Viçosa e de janeiro/2004 a agosto/2006 em doze lavouras de Coimbra.

As lavouras de Viçosa foram conduzidas em uma área de 864 m<sup>2</sup> pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV) utilizando-se o cultivar Santa Clara. A área foi dividida em 4 blocos de 180 m<sup>2</sup> separados entre si por 4 m. As lavouras foram constituídas por 12 fileiras de 30 plantas dispostas no espaçamento 1 × 0,5 m. Para o estabelecimento das lavouras, o solo foi arado, gradeado, sulcado e adubado conforme a recomendação da análise de solo. Na adubação de plantio, empregou-se 2500 Kg/ha superfosfato simples, 680 Kg/ha sulfato de amônia, 455 Kg/ha cloreto de potássio, 160



Kg/ha sulfato de magnésio, 18 Kg/ha bórax e 18 Kg/ha sulfato de zinco. A adubação de cobertura foi parcelada, sendo a primeira 15 dias após o transplântio e as demais semanalmente, onde utilizou-se 30 g/planta da mistura de  $\frac{3}{4}$  de sulfato de amônio e  $\frac{1}{4}$  de cloreto de potássio.

As plantas foram conduzidas com uma haste utilizando-se o tutoramento com bambu na forma de cerca cruzada. A irrigação foi realizada com mangueira de borracha, duas a quatro vezes por semana, e as práticas de desbrota e amarrio foram feitas a cada 15 dias. Para o controle de doenças foram aplicados alternadamente, de uma a duas vezes por semana, os fungicidas: cimoxanil 80 g/Kg + mancozebe 640 g/Kg (3,0 Kg p.c./ha), clorotalonil 675 g/Kg + metalaxil-M 67,5 g/Kg (1,5 Kg p.c./ha), clorotalonil 500 g/L + dimetomorfe 100 g/L (3,0 L p.c./ha), cloridrato de propamocarbe 722 g/L (1,5 L p.c./ha), oxiclreto de cobre 850 g/Kg (2,0 Kg p.c./ha), mancozebe 640 g/Kg + metalaxil-M 40 g/Kg (2,5 Kg p.c./ha), tebuconazol 200 g/L (1,0 L p.c./ha) e azoxistrobina 500 g/L (160 g p.c./ha). Não foi aplicado inseticida em nenhuma destas lavouras.

Em Coimbra a coleta dos dados foi realizada em lavouras comerciais. Os cultivares utilizados foram Débora e Andréia. As lavouras foram conduzidas no espaçamento de 1 × 0,5 m em áreas que variaram de 0,45 a 1,50 ha, com média de 0,91 ha. Os tratos culturais empregados nestas lavouras foram semelhantes aos usados nas lavouras em Viçosa, utilizando, entretanto, aplicações regulares de inseticidas. Foram aplicados, de duas a três vezes por semana, os inseticidas: abamectina 18 g/L (1 L p.c./ha), acefato 750 g/Kg (1 Kg p.c./ha), alfacipermetrina 100 g/L (0,7 L p.c./ha), buprofezina 250 g/Kg (1,5 Kg p.c./ha), cipermetrina 200 g/L (0,15 L p.c./ha), clorfenapir 240 g/L (0,5 L p.c./ha), clorpirifós 480 g/L (1,5 L p.c./ha), deltametrina 25 g/L (0,8 L p.c./ha), imidaclopride 700 g/Kg (0,3 Kg p.c./ha), indoxacarbe 300 g/Kg (0,16 Kg p.c./ha), lambdacialotrina 50 g/L (0,4 L p.c./ha), metamidofós 600 g/L (1 L

p.c./ha), permetrina 500 g/L (0,2 L p.c./ha), piriproxifem 100 g/L (1 L p.c./ha) e tiametoxam 250 g/Kg (0,2 Kg p.c./ha).

### **Avaliação da mortalidade natural de *T. absoluta***

A mortalidade natural de *T. absoluta* foi determinada nas oito lavouras instaladas em Viçosa-MG (sem aplicação de inseticidas) durante oito períodos: 20/março a 19/junho de 2004 (outono 2004), 20/junho a 21/setembro de 2004 (inverno 2004), 22/setembro a 09/dezembro de 2004 (primavera 2004), 21/dezembro de 2004 a 24/fevereiro de 2005 (verão 2005), 20/março a 26/maio de 2005 (outono 2005), 21/junho a 01/setembro de 2005 (inverno 2005), 22/setembro a 27/outubro de 2005 (primavera 2005) e 10/fevereiro a 20/março de 2006 (verão 2006).

Para avaliação da mortalidade natural de *T. absoluta* inicialmente estabeleceu-se uma criação no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV. Os estádios imaturos do inseto, provenientes desta criação, foram transferidos para as lavouras, em cada período. O delineamento foi inteiramente casualizado com 10 parcelas. Cada parcela foi constituída de uma planta de tomate na fase reprodutiva.

Para a avaliação da mortalidade natural de ovos, 300 adultos acasalados de *T. absoluta* provenientes de criação foram levados para o campo. Esses insetos foram divididos em 10 parcelas (30 adultos/parcela) e mantidos em sacolas de organza (30 × 40 cm). Dez folhas do dossel apical foram limpas e envoltas pelas sacolas contendo os adultos. Após 24 horas os adultos foram mortos e as sacolas retiradas das folhas. Os ovos foram contados com o auxílio de uma lente de aumento de 10X e mapeados em um desenho esquemático da folha de tomate para facilitar o processo de avaliação. O número médio de ovos por parcela foi de 150, totalizando em média 1500 ovos por período.

A mortalidade natural de larvas em cada período foi determinada através do somatório da mortalidade de larvas de 1º, 2º, 3º e 4º instares. Larvas de 1º instar foram obtidas através da eclosão dos ovos. O número de larvas que iniciaram o 1º instar foi variável entre as parcelas, resultado da diferença entre os números de ovos iniciais e ovos que não originaram larvas de 1º instar. Os demais estádios larvais (2º, 3º e 4º instares) foram transferidos, com o auxílio de um pincel, para folhas previamente limpas do dossel mediano. Foram utilizadas 750 larvas (250 larvas de cada instar) provenientes da criação do laboratório. Para cada instar, os indivíduos foram divididos em 10 parcelas (25 larvas/parcela). Em cada estágio de desenvolvimento larval, os insetos foram retirados do campo no início da mudança para o instar seguinte. Exceção foi feita às larvas de 4º instar devido ao seu comportamento de migrar ao solo para a empupação. Estas larvas foram retiradas do campo ao apresentarem aspecto rosado, um indicativo que precede a mudança para o estágio de pupa (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990).

Um total de 300 pupas foi levado para o campo, sendo adicionadas 30 pupas por parcela. As pupas de cada parcela foram acondicionadas em potes plásticos (10 cm Ø e 7 cm de altura) preenchidos com areia e furados na lateral e base para permitir a drenagem de água. As pupas colocadas no pote foram cobertas com cerca de 3 mm de areia e os potes foram enterrados ao nível do solo próximo à base da planta. Para padronizar o momento da retirada das pupas do campo, foi realizado um teste piloto onde as pupas foram colocadas em potes com areia cobertos com organza para medir o tempo gasto para emergência dos adultos.

### **Amostragem populacional de *T. absoluta***

A densidade populacional de *T. absoluta* foi amostrada semanalmente desde a implantação das lavouras até a última colheita. Em cada amostragem, avaliou-se, das

8:00 às 12:00 h, o número de adultos, ovos, minas ativas e frutos broqueados (com larvas vivas) por *T. absoluta*.

A flutuação de adultos foi obtida através de armadilhas plástica tipo Delta contendo um cartão adesivo e um septo de borracha (vermelho, 15 × 8 mm, ISCA Tecnologias, Ijuí, RS, Brasil) como dispersor do feromônio. As armadilhas foram amarradas nos bambus de tutoramento mantendo o dispersor na altura do topo das plantas (Michereff Filho *et al.*, 2000). Foram utilizadas uma (centro da lavoura) e quatro armadilhas (nas arestas a 5 m das extremidades) nas lavouras de Viçosa e Coimbra, respectivamente. Os adultos foram contados e retirados dos cartões adesivos uma vez por semana. Os septos com feromônio foram trocados a cada quatro semanas (Michereff Filho *et al.*, 2000) e os cartões a cada duas ou três semanas, dependendo da capacidade adesiva.

As amostragens de ovos, minas e frutos broqueados foram realizadas conforme os sistemas amostrais propostos por Gonring (2004). Foram utilizadas 50 unidades amostrais/ lavoura/ semana para cada parâmetro avaliado. As amostras foram coletadas de modo a cobrir toda a lavoura, eliminando dessa forma possíveis tendências direcionais da avaliação (Bacci *et al.*, 2006). Assim, as plantas avaliadas localizavam-se equidistantes ao longo e entre as linhas de plantio, de modo a obter pontos sistematizados de amostragem.

Na amostragem de ovos e minas o dossel da planta foi dividido em três estratos (apical, mediano e basal). O número de folhas inserido em cada estrato variou em função do número total de folhas presentes em cada data de amostragem. Os três primeiros primórdios foliares foram considerados a primeira folha. Em lavouras antes da frutificação, a amostragem de ovos foi realizada nas duas primeiras folhas do estrato mediano do dossel. Em plantas depois da frutificação, a unidade amostral foi composta pelas duas últimas folhas do estrato apical do dossel. Para amostragem de minas, em

lavouras antes da frutificação, foram utilizadas as duas folhas centrais do estrato mediano do dossel. Já em plantas depois da frutificação, a unidade amostral foi composta pelas duas últimas folhas do estrato mediano do dossel (plantas com até 19 folhas) ou pela 5ª e 6ª folha desta parte do dossel (plantas com mais de 19 folhas) (Gonring, 2004).

Na amostragem de frutos broqueados foi considerada a posição do cacho na planta, sendo o primeiro cacho aquele de cima para baixo com pelo menos um fruto ( $\emptyset > 5$  mm). Para plantas com até dois cachos a amostragem do broqueamento de frutos foi realizada no cacho mais baixeiro. Em plantas com mais de dois cachos a amostragem foi realizada no 2º e 3º cacho (Gonring, 2004).

### **Dados climáticos**

Os dados de velocidade do vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar, durante todo o período experimental foram monitorados diariamente em Viçosa através da estação meteorológica principal da UFV e da estação meteorológica ( $\mu$ METOS® SMR 300) instalada em Coimbra.

### **Análise dos dados**

#### **Mortalidade natural de *T. absoluta***

Através do número de unidades de cada estágio imaturo colocado no campo (Viçosa) e do número de unidades restantes após o término de cada estágio, calculou-se a mortalidade natural de *T. absoluta* através das equações:

$$100q_x = (dx/l_x) \times 100 \quad (1)$$

$$100r_x = (dx/l_o) \times 100 \quad (2)$$

onde  $100q_x$  representa a mortalidade aparente (%) e  $100r_x$  a mortalidade real ou acumulativa (%),  $x$  ( $o$ ,  $l$ ,  $p$  representa os estádios de ovo, larva e pupa),  $dx$  é o número insetos mortos em um estágio e  $lx$  é o número de insetos vivos no início de cada estágio.

Para permitir comparações, a taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) foi estimada através da divisão do número de ovos esperados na próxima geração (número de adultos sobreviventes da coorte original  $\times$  razão sexual  $\times$  fecundidade) pelo número original de ovos na coorte:

$$R_0 = \frac{(N^{\circ} \text{ adultos sobreviventes} \times rs \times f)}{N^{\circ} \text{ original de ovos}} \quad (3)$$

Foi considerada razão sexual ( $rs$ ) de 0,5973 e fecundidade ( $f$ ) de 183 ovos/fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999).

### **Flutuação do clima, mortalidade natural e densidade populacional de *T. absoluta***

Os dados mensais da velocidade do vento, temperatura do ar e precipitação pluviométrica de Viçosa e Coimbra foram comparados através de análise de variância (ANOVA) (PROC MIXED; SAS Institute, 2002). Para análise da flutuação populacional de *T. absoluta* as lavouras foram divididas em dois estádios fenológicos: antes e depois da frutificação. Foi realizada análise de variância multivariada (MANOVA) para testar os efeitos do local (com e sem aplicação de inseticidas), do estágio fenológico do tomateiro e da interação local  $\times$  estado fenológico na densidade populacional de adultos, ovos e minas de *T. absoluta* (PROC GLM; SAS Institute, 2002). Para testar o efeito do local na porcentagem de frutos broqueados por *T. absoluta* foi realizada uma análise de variância (ANOVA) (PROC MIXED; SAS Institute, 2002).

A flutuação da velocidade do vento, temperatura do ar, precipitação pluviométrica, mortalidade natural e densidade populacional de adultos, ovos, minas e frutos broqueados por *T. absoluta* foram plotados para análise gráfica inicial. Para

determinar os períodos em que o inseto atingiu o *status* de praga foram utilizados os níveis de dano econômico (NDE) determinados por Gonring (2004): 1,39 ovos/2 folhas [para plantas antes da frutificação (AF)], 3,03 ovos/2 folhas [para plantas depois da frutificação (DF)], 0,70 minas/2 folhas (AF), 0,74 minas/2 folhas (DF) e 4,86% de frutos broqueados.

Análise de variância (ANOVA) foi usada para verificar diferenças na densidade de adultos, ovos, minas e frutos broqueados ( $P < 0,05$ ) entre os locais de cultivo (PROC MIXED; SAS Institute, 2002).

### **Determinação dos picos populacionais de *T. absoluta***

Com base nas médias gerais, foram ajustados modelos não-lineares para descrever, separadamente para adultos, ovos, minas e frutos broqueados o ciclo sazonal de crescimento e declínio nas populações locais.

### **Determinação dos efeitos dos elementos climáticos na densidade populacional de *T. absoluta***

Análise de trilha foi utilizada para identificar e quantificar as interações diretas e indiretas entre a densidade populacional de *T. absoluta* com a velocidade do vento, temperatura do ar e precipitação pluviométrica. Esta é uma ferramenta estatística poderosa que permite a investigação de modelos complexos que envolvem mais de uma variável dependente (Mitchell, 1993; Eubanks, 2001). As interações são representadas por coeficientes de regressão e correlação. O coeficiente de trilha (coeficiente de regressão) quantifica a intensidade de cada efeito direto na variável resposta (Li, 1975; Mitchell, 1993; Sokal & Rohlf, 1995). Interações entre variáveis independentes são representadas por coeficientes de correlação. O efeito indireto de uma variável é calculado quando a trilha passa por uma ou mais variáveis intermediárias até chegar à

variável resposta. Um coeficiente indireto é obtido através do produto de todos os coeficientes ao longo de uma trilha. Quando mais de uma trilha chega à variável resposta os coeficientes de trilha indiretos são somados para calcular o coeficiente indireto total (Li, 1975; Sokal & Rohlf, 1995).

Os diagramas de trilha testados no presente trabalho estão indicados na Figura 1. Estas análises foram realizadas utilizando os procedimentos PROC REG e PROC CALIS do SAS (SAS Institute, 2002) seguindo orientações contidas em Mitchell (1993).

(a) Lavouras antes da frutificação

(b) Lavouras depois da frutificação

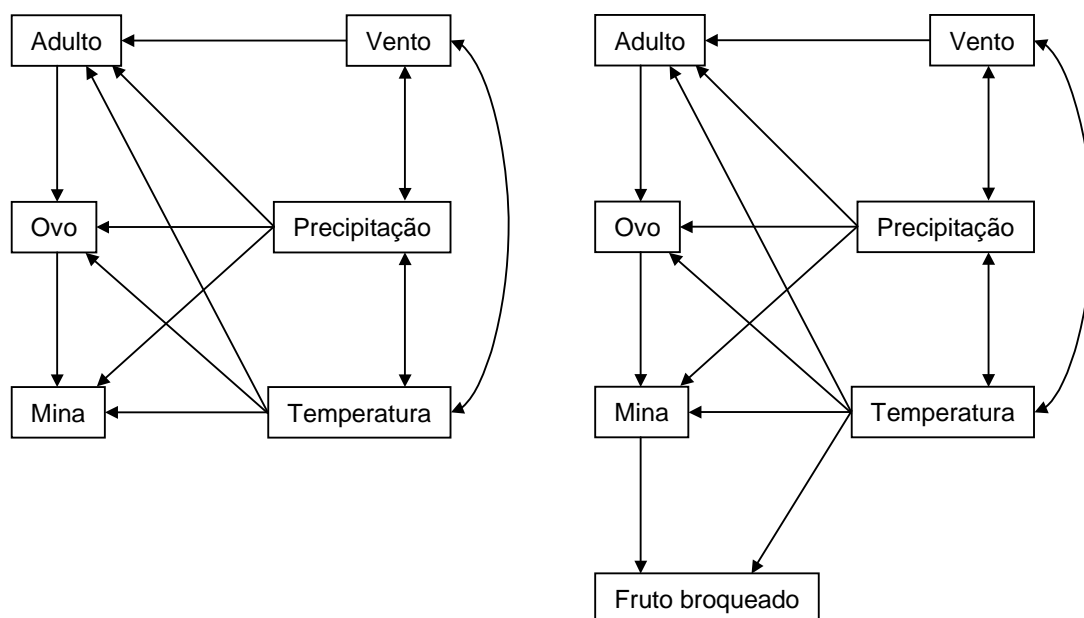


Figura 1. Esquemas das análises de trilha testadas para a verificação do efeito da velocidade do vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar na densidade populacional de *T. absoluta*. Correlações entre variáveis independentes estão indicadas por setas bidirecionais. Interações através de coeficientes de regressão estão indicadas por setas unidirecionais.



## RESULTADOS

### Flutuação do clima

A flutuação mensal da temperatura do ar ( $F_{1,28}=0,03$ ;  $P=0,871$ ), precipitação pluviométrica ( $F_{1,28}=0,44$ ;  $P=0,511$ ) e velocidade do vento ( $F_{1,28}=1,12$ ;  $P=0,298$ ) em Viçosa e Coimbra foram muito semelhantes. Dessa forma, as lavouras nestes dois locais diferiram basicamente pela ausência e utilização de inseticidas, respectivamente. Na microrregião de Viçosa (Viçosa e Coimbra) a temperatura do ar começa a aumentar em agosto-setembro e as chuvas a partir de novembro-dezembro. As maiores velocidades do vento são observadas com o aumento da temperatura do ar (Figuras 2 e 3).

### Flutuação populacional de *T. absoluta*

Foram detectadas, através da análise de variância multivariada, diferenças ( $P<0,05$ ) na densidade populacional de adultos, ovos e minas de *T. absoluta* entre os locais de cultivo (Wilks' Lambda;  $F_{3,290}=9,11$ ;  $P=0,001$ ) e entre os estádios fenológicos do tomateiro (Wilks' Lambda;  $F_{3,290}=5,48$ ;  $P=0,001$ ). Entretanto, não houve diferença em relação à interação local  $\times$  estado fenológico (Wilks' Lambda;  $F_{3,290}=2,61$ ;  $P=0,052$ ). Foi detectada, através da análise de variância, diferença ( $P<0,05$ ) na

percentagem de frutos broqueados por *T. absoluta* entre os locais de cultivo ( $F_{1;290}=34,26$ ;  $P<0,001$ ). Assim, o estudo da sazonalidade de populações de *T. absoluta* foi realizado separadamente para os locais de cultivo (Viçosa – sem aplicação de inseticidas; Coimbra – com aplicação de inseticidas) e estádios fenológicos do tomateiro (antes e depois da frutificação).

Ao longo do ano, as médias semanais das densidades de ovos/2 folhas em Viçosa (1,25) e Coimbra (1,06) foram semelhantes ( $F_{1;102}=0,13$ ;  $P=0,721$ ) nos dois locais de cultivo. Entretanto, Viçosa e Coimbra apresentaram variação na densidade de adultos/armadilha (60,0 e 146,6) ( $F_{1;102}=22,98$ ;  $P<0,001$ ), minas/2 folhas (1,19 e 0,26) ( $F_{1;102}=5,77$ ;  $P=0,018$ ) e na percentagem de frutos broqueados (17,10 e 5,61) ( $F_{1;102}=7,44$ ;  $P=0,008$ ) por *T. absoluta*, respectivamente.

Embora as densidades de adultos, minas e percentagem de frutos broqueados por *T. absoluta* tenham variado entre os locais, as tendências gerais das populações foram semelhantes ao longo do tempo (Figuras 2 e 3). De forma geral, altas densidades de adultos foram observadas em épocas com crescente aumento da temperatura do ar, baixa precipitação pluviométrica e maiores velocidades do vento. Já as maiores densidades de ovos e minas foram registradas com o aumento da temperatura do ar e baixa precipitação pluviométrica. Frutos broqueados sucederam as minas e ocorreram até a metade do período de maior precipitação (Figuras 2 e 3).

No ano de 2004, a densidade de ovos em Viçosa ultrapassou o nível de dano econômico (NDE) na 2ª semana/setembro [antes da frutificação (AF)] e no período entre 3ª semana/setembro a 4ª semana/outubro [depois da frutificação (DF)]. No ano de 2005, alta densidade de ovos foi observada na 3ª sem./nov. (AF) (Figura 2). Já em Coimbra, a densidade de ovos no anos de 2004 ultrapassou o NDE no período entre a 2ª e 4ª sem./set. (AF) e nos períodos entre a 3ª sem./out. a 2ª sem./nov. e entre a 4ª sem./nov. a 2ª sem./dez. (DF). No ano de 2005, altas densidades de ovos foram

observadas no período entre 4<sup>a</sup> sem./out. a 2<sup>a</sup> sem./nov. (DF). Em 2006, o NDE para ovos foi atingido nas 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> sem./ago. (DF) (Figura 3).

No ano de 2004, a densidade de minas em Viçosa ultrapassou o NDE na 2<sup>a</sup> sem./set. (AF) e no período entre 2<sup>a</sup> sem./ago a 1<sup>a</sup> sem./nov (DF). No ano de 2005, altas densidades de minas foram observadas na 4<sup>a</sup> sem./jun. e 1<sup>a</sup> sem./dez. e no período entre a 3<sup>a</sup> sem./set. a 2<sup>a</sup> sem./out. (DF) (Figura 2). Já em Coimbra, a densidade de minas no ano de 2004 ultrapassou o NDE na 4<sup>a</sup> sem./set. (AF) e nos períodos entre 2<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> sem./jul. e entre as 1<sup>as</sup> sem./nov. a dez. (DF). No ano de 2005, altas densidades de minas foram observadas no período entre as 1<sup>as</sup> sem./out. a nov. (DF). Em 2006, o NDE para minas foi atingido no período entre a 4<sup>a</sup> sem./jul. a 2<sup>a</sup> sem./ago. (DF) (Figura 3).

No ano de 2004, a percentagem de frutos broqueados em Viçosa ultrapassou o NDE no período entre 4<sup>a</sup> sem./ago. a 2<sup>a</sup> sem./dez. No ano de 2005, altas percentagens de frutos broqueados foram observadas nas 3<sup>as</sup> sem./jan. e jun., e nos períodos entre as 1<sup>a</sup> sem./jul. a 4<sup>a</sup> sem./ago., 2<sup>a</sup> sem./set. a 4<sup>a</sup> sem./nov. e 1<sup>a</sup> a 2<sup>a</sup> sem./dez. (Figura 2). Já em Coimbra, a percentagem de frutos broqueados no ano de 2004 ultrapassou o NDE na 4<sup>a</sup> sem./jul. e no período entre 1<sup>a</sup> sem./nov. a 4<sup>a</sup> sem./dez. No ano de 2005, altas percentagens de frutos broqueados foram observadas nas 1<sup>as</sup> sem./jan., abr., ago. e dez. e no período entre a 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> sem./nov. Em 2006, o NDE para frutos broqueados foi atingido no período entre a 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> sem./mar. e na 2<sup>a</sup> sem./ago. (Figura 3).

### **Mortalidade natural de *T. absoluta***

As mortalidades naturais acumulativas de *T. absoluta* em Viçosa no outono e inverno/2004 foram 98,75% e 95,80%, respectivamente (Figura 2 e Tabela 1). As maiores mortalidades aparentes ocorreram no estágio de pupa, seguidas pelas mortalidades nos estádios de larva e ovo (Tabela 1). Assumindo uma razão sexual de 0,5973 e fecundidade de 183 ovos/ fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999), a população

estaria crescendo a uma taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) de 1,36 e 4,59 nestes períodos, respectivamente. De fato, a população começa a crescer a partir de meados do inverno/2004 e declina na primeira metade da primavera/2004, mantendo-se baixa até o começo do inverno/2005 (Figura 2).

As mortalidades naturais de *T. absoluta* na primavera/2004, verão e outono/2005 foram 99,9997%; 99,987% e 99,30%, respectivamente, resultando em  $R_0$  de 0,00035; 0,014 e 0,77. A população manteve-se baixa neste período até o aumento da densidade populacional de adultos a partir de meados de outono/2005. No inverno subsequente a mortalidade natural de *T. absoluta* foi 98,98%, resultando em  $R_0$  de 1,11 (Figura 2 e Tabela 1). As mortalidades naturais de *T. absoluta* na primavera/2005 e no verão/2006 foram 99,90% e 99,98%, respectivamente, resultando em  $R_0$  de 0,11 e 0,027 (Figura 2 e Tabela 1). No período entre a primavera/2004 e o verão/2006 as maiores mortalidades aparentes foram observadas no estágio de larva, seguidas pelas mortalidades nos estádios de pupa e ovo (Tabela 1).

### **Pico populacional de *T. absoluta***

Ciclos naturais de aumento e declínio das populações de *T. absoluta* de Viçosa e Coimbra tiveram suas maiores densidades entre a 31ª semana de um ano (1ª semana de agosto) até a 2ª semana do ano seguinte (2ª semana de janeiro) (Figura 4).

A época do ano que ocorreu a máxima densidade de adultos, ovos, minas e frutos broqueados por *T. absoluta* foi obtida através do parâmetro  $x_0$  da equação  $y = a \exp\{-0,5[(x-x_0)/b]^2\}$  (Campos *et al.*, 2006). Portanto, em média para os três anos em Viçosa, adultos foram mais abundantes na 44ª semana do ano (1ª sem./nov.), ovos na 38ª semana (3ª sem./set.), minas na 39ª semana (4ª sem./set.) e frutos broqueados na 45ª semana (2ª sem./nov.) (Figura 4). Em Coimbra, adultos foram mais abundantes na 47ª

semana (4<sup>a</sup> sem./nov.), ovos na 43<sup>a</sup> semana (4<sup>a</sup> sem./out.), minas na 45<sup>a</sup> semana (2<sup>a</sup> sem./nov.) e frutos broqueados na 1<sup>a</sup> (=53<sup>a</sup>) semana (1<sup>a</sup> sem./jan.) (Figura 4).

### **Efeito da velocidade do vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar na variação sazonal de *T. absoluta***

A plotagem inicial dos dados climáticos e das densidades populacionais de *T. absoluta* (Figuras 2 e 3) descreveu de forma geral a influência da velocidade do vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar na variação sazonal deste inseto praga. Dessa forma, modelos para lavouras antes e depois da frutificação foram desenvolvidos (Figura 1) e testados através de análise de trilha em populações de Viçosa (sem aplicação de inseticidas) e Coimbra (com aplicação de inseticidas). Os modelos significativos ( $P > 0,05$ ) pelo teste de  $\chi^2$  estão indicados nas Figuras 5 e 6.

Os efeitos diretos e indiretos dos elementos climáticos, antes e depois da frutificação do tomateiro, foram semelhantes em Viçosa e Coimbra. A magnitude dessas relações variou, mas as tendências foram praticamente as mesmas (Tabelas 2 e 3). As populações de adultos de *T. absoluta* foram parcialmente reguladas pelos efeitos diretos e positivos da velocidade do vento e temperatura do ar e diretos e negativos da precipitação pluviométrica. A influência destes elementos climáticos sobre ovos foi indireta através dos efeitos sobre adultos. Da mesma forma, os elementos climáticos afetam as minas pelos efeitos indiretos nos adultos e ovos (Figura 5 e Tabelas 2 e 3).

#### **Plantas antes da frutificação**

O aumento da velocidade do vento e da temperatura do ar propiciou condições favoráveis, ao passo que o aumento da precipitação pluviométrica foi desfavorável ao aumento da densidade populacional de adultos em lavouras de Viçosa ( $R^2=0,29$ ;  $P=0,01$ ) e Coimbra ( $R^2=0,26$ ;  $P=0,01$ ) (Figura 5 e Tabela 2).

Foram observadas correlações positivas e significativas entre o vento, precipitação e temperatura em Viçosa. Esta mesma relação não foi observada em Coimbra; no entanto, o decréscimo na precipitação e o aumento na velocidade do vento e na temperatura contribuíram para o aumento da densidade populacional de adultos de *T. absoluta* (Figura 5). Para as populações de Viçosa e Coimbra, maior número de adultos resultou em maior número de ovos, que por sua vez aumentou o número de minas (Figura 5). A magnitude destas interações é proporcional aos coeficientes de regressão e correlação indicados na Figura 5.

Como as interações entre adultos, ovos e minas foram positivas, os efeitos indiretos do vento, precipitação e temperatura sobre os estádios de ovo e mina mantiveram as mesmas tendências das interações destes elementos com o estágio adulto (Tabela 2). Assim, com a redução da precipitação e os aumentos da velocidade do vento e da temperatura, maiores densidades de ovos ( $R^2=0,10$  e  $P=0,05$ ;  $R^2=0,29$  e  $P<0,01$ ) e minas ( $R^2=0,99$  e  $P<0,01$ ;  $R^2=0,43$  e  $P<0,01$ ) foram observadas em Viçosa e Coimbra, respectivamente (Tabela 2).

Os efeitos diretos do vento e precipitação foram mais importantes para adultos de *T. absoluta*. Já para a densidade de ovos e minas, os efeitos positivos dos estádios precedentes foram mais relevantes que os elementos climáticos, apresentando maiores coeficientes de trilha (Tabela 2).

### **Plantas depois da frutificação**

Aumento da temperatura do ar e redução da precipitação pluviométrica propiciou condições favoráveis ao aumento da densidade populacional de ovos em lavouras de Viçosa ( $R^2=0,19$ ;  $P<0,01$ ) e minas em lavouras de Coimbra ( $R^2=0,05$ ;  $P=0,02$ ) (Figura 6 e Tabela 3).

Foram observadas correlações positivas e significativas entre precipitação e temperatura em Viçosa e Coimbra (Figura 6). Para as populações de Viçosa, maior

número de ovos resultou em maior número de minas, que por sua vez aumentou o número de frutos broqueados. Para as populações de Coimbra, maior número de minas resultou em maior número de frutos broqueados (Figura 6). A magnitude destas relações é proporcional aos coeficientes de regressão e correlação indicados na Figura 5.

Como as interações entre ovos, minas e frutos broqueados foram positivas, os efeitos indiretos da precipitação e temperatura sobre mina (Viçosa) e frutos broqueados (Viçosa e Coimbra) mantiveram as mesmas tendências das interações destes elementos com o estágio de ovo (Viçosa) e mina (Coimbra) (Tabela 3). Assim, com a redução da precipitação e o aumento da temperatura foram observadas maiores densidades de minas ( $R^2=0,10$ ;  $P<0,01$ ) (Viçosa) e frutos broqueados ( $R^2=0,18$  e  $P<0,01$ ;  $R^2=0,07$  e  $P<0,01$ ) (Viçosa e Coimbra, respectivamente) (Tabela 3). A magnitude destas interações é proporcional aos coeficientes indicados na Tabela 3.

Os efeitos diretos da precipitação foram mais importantes para ovos de *T. absoluta*. Já para a densidade de minas, além do efeito negativo da precipitação, o efeito positivo do estágio precedente também foi importante. A percentagem de frutos broqueados foi fortemente regulada pela densidade de minas e pelos efeitos diretos e indiretos da temperatura (Tabela 3).

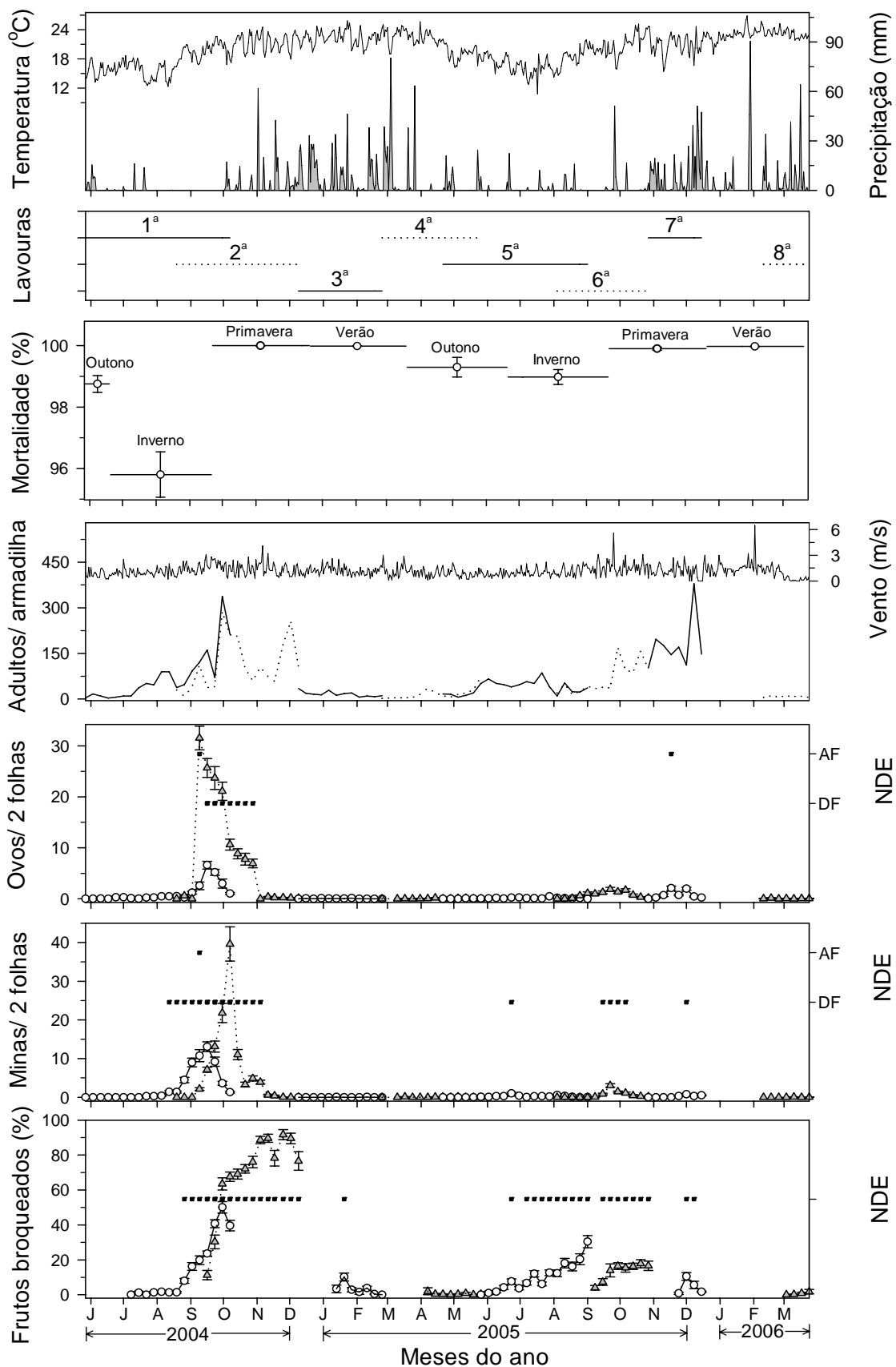


Figura 2. Variação sazonal dos elementos climáticos (temperatura, precipitação e vento), mortalidade natural e densidades de adultos, ovos, minas e frutos broqueados por *Tuta absoluta* em oito lavouras de tomate cultivadas em Viçosa, Minas Gerais (sem aplicação de inseticidas). Linhas horizontais no gráfico de mortalidade representam a média da mortalidade natural acumulativa ocorrida no período (Tabela 1). 3 = erro padrão. NDE = nível de dano econômico, AF e DF = antes e depois da frutificação (Gonring 2004) (quadrados cheios '■' representam datas de amostragem que as densidades ultrapassaram o NDE).



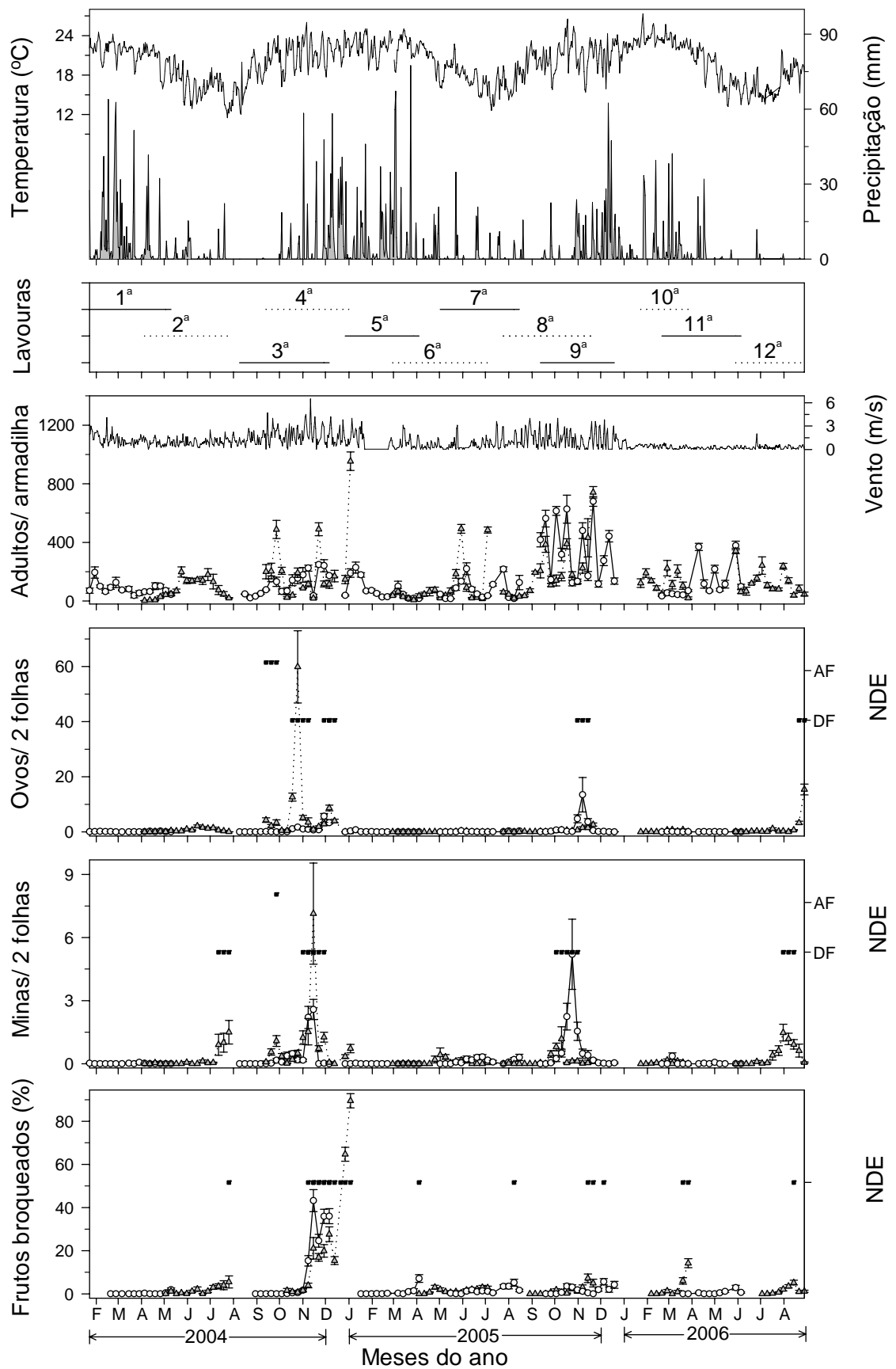


Figura 3. Variação sazonal dos elementos climáticos (temperatura, precipitação e vento) e das densidades de adultos, ovos, minas e frutos broqueados por *Tuta absoluta* em doze lavouras de tomate cultivadas em Coimbra, Minas Gerais (com aplicação de inseticidas). 3 = erro padrão. NDE = nível de dano econômico, AF e DF = antes e depois da frutificação (Gonring 2004) (quadrados cheios '■' representam datas de amostragem que as densidades ultrapassaram o NDE).

Tabela 1. Mortalidade aparente (ovo, larva e pupa), mortalidade acumulativa (total) e  $R_0$  de populações de *T. absoluta* em lavouras de tomate cultivadas em Viçosa, Minas Gerais (sem aplicação de inseticidas) durante oito períodos.

Períodos <sup>1</sup>	Mortalidade $\pm$ EP (%) <sup>2</sup>				$R_0 \pm$ EP <sup>3</sup>
	Aparente			Acumulativa	
	Ovo	Larva	Pupa	Total	
Outono 2004	39,16 $\pm$ 3,55	84,57 $\pm$ 2,75	86,72 $\pm$ 3,11	98,75 $\pm$ 0,27	1,36 $\pm$ 0,30
Inverno 2004	48,10 $\pm$ 4,53	69,89 $\pm$ 2,69	73,12 $\pm$ 2,22	95,80 $\pm$ 0,74	4,59 $\pm$ 0,81
Primavera 2004	39,78 $\pm$ 4,06	99,998 $\pm$ 4,06	73,29 $\pm$ 0,00	99,9997 $\pm$ 0,0002	0,00035 $\pm$ 0,00021
Verão 2005	32,98 $\pm$ 3,33	99,91 $\pm$ 3,33	79,75 $\pm$ 0,02	99,987 $\pm$ 0,009	0,014 $\pm$ 0,010
Outono 2005	46,87 $\pm$ 7,20	95,87 $\pm$ 6,98	68,06 $\pm$ 0,40	99,30 $\pm$ 0,32	0,77 $\pm$ 0,35
Inverno 2005	49,71 $\pm$ 5,05	91,11 $\pm$ 5,18	77,18 $\pm$ 1,00	98,98 $\pm$ 0,24	1,11 $\pm$ 0,26
Primavera 2005	31,47 $\pm$ 4,07	99,45 $\pm$ 4,02	74,32 $\pm$ 0,12	99,90 $\pm$ 0,05	0,11 $\pm$ 0,05
Verão 2006	22,03 $\pm$ 3,42	99,77 $\pm$ 3,41	86,60 $\pm$ 0,04	99,98 $\pm$ 0,01	0,027 $\pm$ 0,008

<sup>1</sup> Os períodos estão representados na figura 1 através das linhas horizontais do gráfico de mortalidade.

<sup>2</sup> Os cálculos das mortalidades aparente e acumulativa estão descritos na seção material e métodos.

<sup>3</sup> Taxa reprodutiva líquida. Razão sexual de 0,5973 e fecundidade de 183 ovos/ fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999).

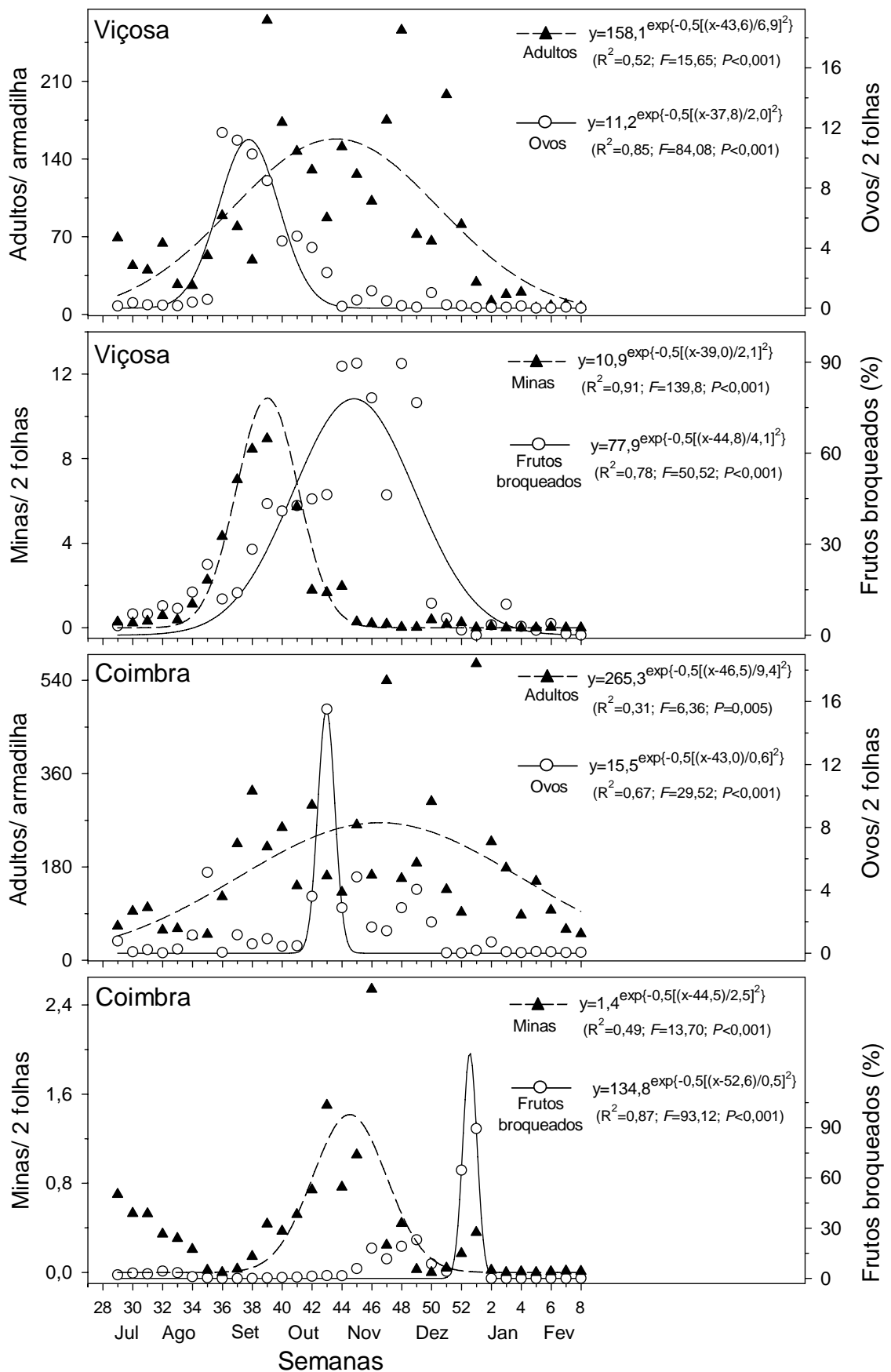
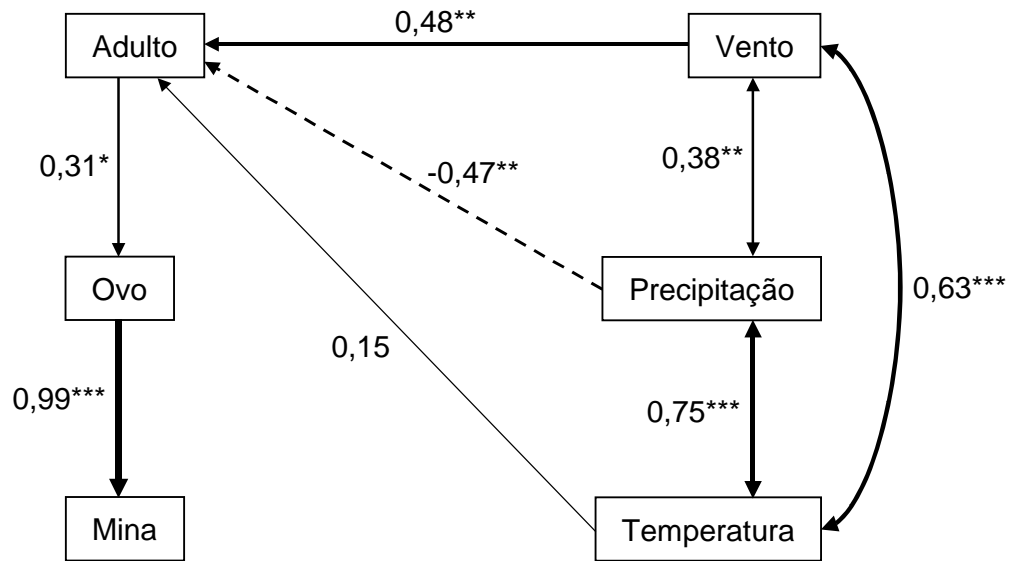


Figura 4. Padrão sazonal de crescimento e declínio de populações de *T. absoluta* em tomateiros cultivados em Viçosa (sem aplicação de inseticidas) e Coimbra (com aplicação de inseticidas). Pontos no gráfico representam a média do período de estudo em cada local (Figuras 2 e 3).

(a) Lavouras cultivadas em Viçosa ( $\chi^2 = 11,96$ ; gl = 7; p = 0,10)



(b) Lavouras cultivadas em Coimbra ( $\chi^2 = 12,26$ ; gl = 7; p = 0,09)

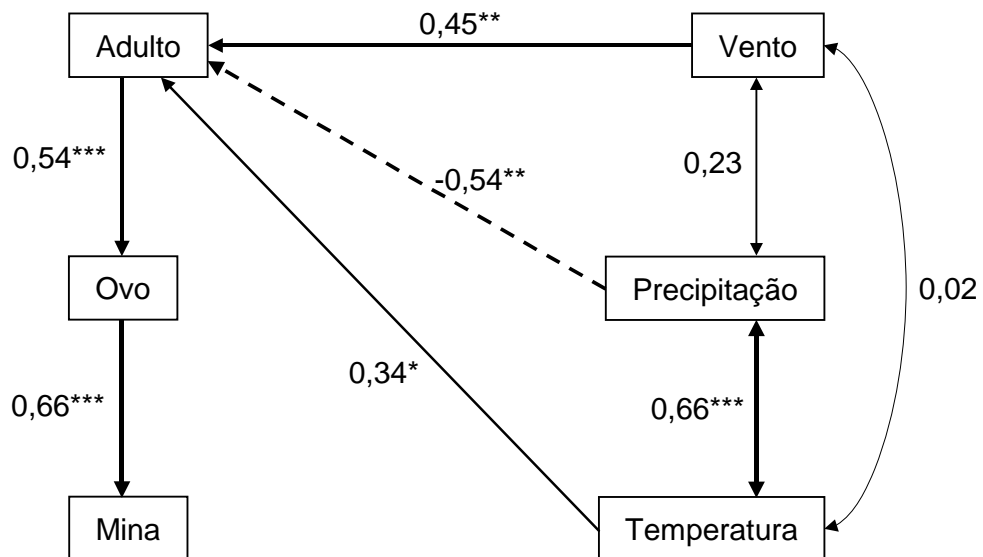
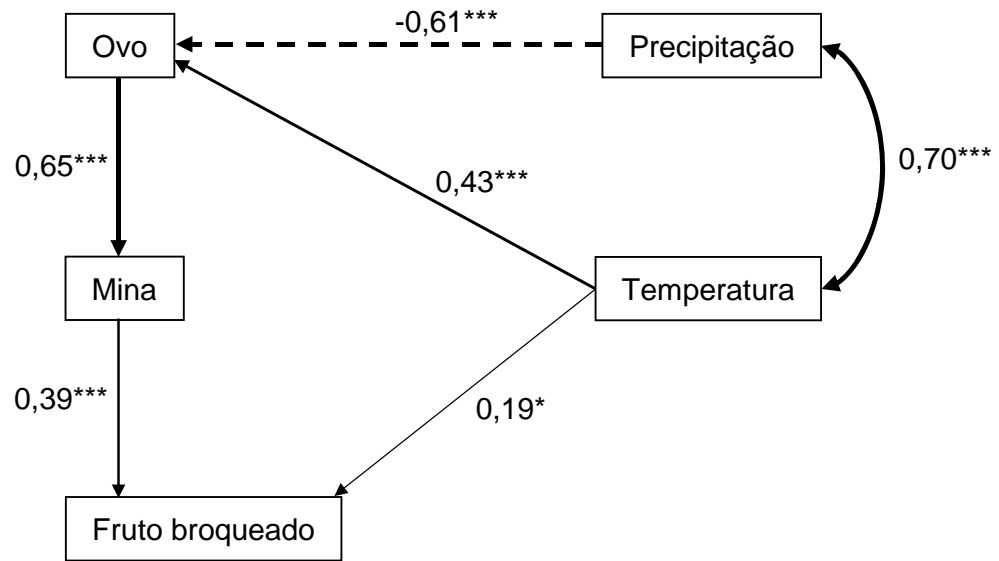


Figura 5. Diagrama da análise de trilha sobre a influência dos elementos climáticos na densidade populacional de *T. absoluta* em lavouras de tomate cultivadas em Viçosa (sem aplicação de inseticidas) (a) e Coimbra (com aplicação de inseticidas) (b), antes da frutificação. Os coeficientes de trilha (efeitos diretos) e correlação estão indicados em cada interação. Setas unidirecionais indicam uma interação causal de uma variável com a outra e setas bidirecionais uma correlação. Linhas contínuas e tracejadas representam efeitos positivos e negativos, respectivamente. A espessura de cada linha é proporcional a magnitude da interação e coeficientes significativos a  $P < 0,10$ ;  $P < 0,05$  e  $P < 0,01$  estão indicados com um, dois e três asteriscos ‘\*’, respectivamente.

Tabela 2. Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) do diagrama de trilha para o modelo da influência dos elementos climáticos na densidade populacional de *T. absoluta* em lavouras de tomate cultivadas em Viçosa e Coimbra antes da frutificação.

Variável	Adulto			Ovo			Mina		
	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET
Viçosa-MG									
Vento	0,48	·	0,48	·	0,15	0,15	·	0,15	0,15
Precipitação	-0,47	·	-0,47	·	-0,14	-0,14	·	-0,14	-0,14
Temperatura	0,15	·	0,15	·	0,05	0,05	·	0,05	0,05
Adulto	·	·	·	0,31	·	0,31	·	0,31	0,31
Ovo	·	·	·	·	·	·	0,99	·	0,99
R <sup>2</sup>		0,29			0,10			0,99	
<i>P</i>		0,01			0,05			<0,01	
Coimbra-MG									
Vento	0,45	·	0,45	·	0,24	0,24	·	0,16	0,16
Precipitação	-0,54	·	-0,54	·	-0,29	-0,29	·	-0,19	-0,19
Temperatura	0,34	·	0,34	·	0,18	0,18	·	0,12	0,12
Adulto	·	·	·	0,54	·	0,54	·	0,35	0,35
Ovo	·	·	·	·	·	·	0,66	·	0,66
R <sup>2</sup>		0,26			0,29			0,43	
<i>P</i>		0,01			<0,01			<0,01	

(a) Lavouras cultivadas em Viçosa ( $\chi^2 = 2,77$ ; gl = 4; p = 0,60)



(b) Lavouras cultivadas em Coimbra ( $\chi^2 = 0,69$ ; gl = 1; p = 0,40)

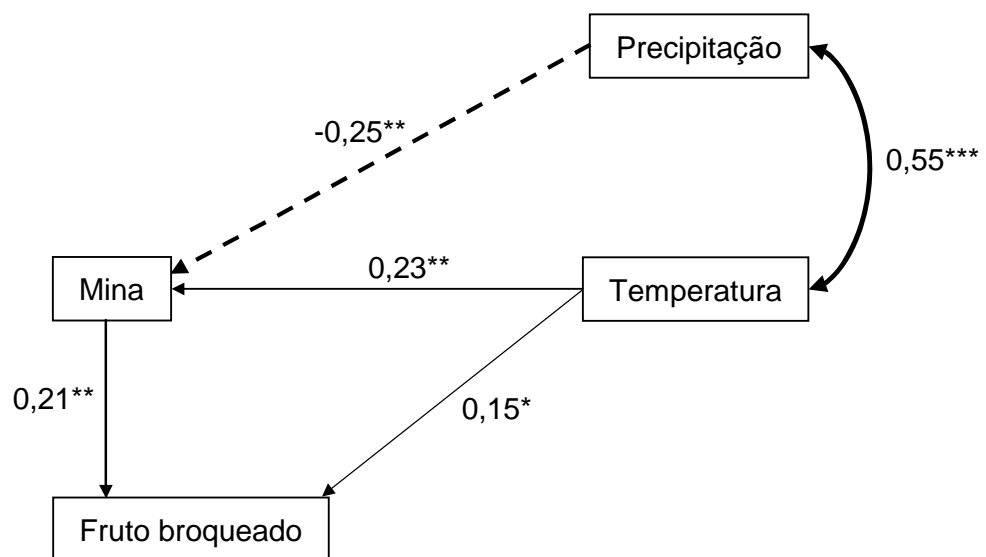


Figura 6. Diagrama da análise de trilha sobre a influência dos elementos climáticos na densidade populacional de *T. absoluta* em lavouras de tomate cultivadas em Viçosa (sem aplicação de inseticidas) (a) e Coimbra (com aplicação de inseticidas) (b), depois da frutificação. Os coeficientes de trilha (efeitos diretos) e correlação estão indicados em cada interação. Setas unidirecionais indicam uma interação causal de uma variável com a outra e setas bidirecionais uma correlação. Linhas contínuas e tracejadas representam efeitos positivos e negativos, respectivamente. A espessura de cada linha é proporcional a magnitude da interação e coeficientes significativos a  $P < 0,10$ ;  $P < 0,05$  e  $P < 0,01$  estão indicados com um, dois e três asterísticos ‘\*’, respectivamente.

Tabela 3. Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) do diagrama de trilha para o modelo da influência dos elementos climáticos na densidade populacional de *T. absoluta* em lavouras de tomate cultivadas em Viçosa e Coimbra depois da frutificação.

Variável	Ovo			Mina			Fruto broqueado		
	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET
Viçosa-MG									
Precipitação	-0,61	·	-0,61	·	-0,40	-0,40	·	-0,15	-0,15
Temperatura	0,43	·	0,43	·	0,28	0,28	0,19	0,11	0,30
Ovo	·	·	·	0,65	·	0,65	·	0,25	0,25
Mina	·	·	·	·	·	·	0,39	·	0,39
R <sup>2</sup>	0,19			0,43			0,18		
P	<0,01			<0,01			<0,01		
Coimbra-MG									
Precipitação	·	·	·	-0,25	·	-0,25	·	-0,05	-0,05
Temperatura	·	·	·	0,23	·	0,23	0,15	0,05	0,20
Mina	·	·	·	·	·	·	0,21	·	0,21
R <sup>2</sup>	·			0,05			0,07		
P	·			0,02			<0,01		

## DISCUSSÃO

Este trabalho mostra que aplicações de inseticidas alteram a flutuação populacional de *T. absoluta* e que a história de vida desta praga está ajustada à mortalidade natural, variações climáticas e às características da planta hospedeira.

Alguns trabalhos sugerem que os ciclos sazonais em populações de fitófagos são determinados pela variação temporal na disponibilidade de recursos (Wolda, 1978a,b,1988; Janzen, 1987). No entanto, esta hipótese não se aplica ao presente trabalho, visto que na região onde o estudo foi realizado o tomateiro é cultivado rotineiramente durante todo o ano. Apesar de estar disponível durante todo o ano, a cultura do tomate se caracteriza por ser efêmera e distribuir-se de forma irregular e imprevisível no espaço, sob a forma de manchas temporárias de recursos. Dessa forma, para manter suas populações com o fim dos cultivos, *T. absoluta* poderia adotar duas estratégias: diapausa ou dispersão. A diapausa não parece ser a estratégia evolutiva mais provável para este inseto sincronizar sua história de vida com o padrão de distribuição espacial do recurso, mesmo porque a disponibilidade do recurso é imprevisível.

Dessa forma, espera-se existir uma intensa atividade de dispersão entre as manchas efêmeras constituídas pelos cultivos. A dispersão funcionaria como o elo entre



os ciclos populacionais locais de colonização e extinção nas manchas formadas pelas lavouras (Hanski, 1999). Espécies que exploram recursos em manchas temporárias tendem a possuir habilidade de dispersão bem desenvolvida (Southwood, 1962; Harrison, 1980; Novotný, 1994). Quando a lavoura está em deterioração os indivíduos podem abandoná-la em busca de outra que seja mais favorável aos seus descendentes (Southwood, 1962). Este processo não é de natureza acidental, visto que a deterioração do tomateiro possui caráter previsível devido ao processo de envelhecimento ontogenético da planta hospedeira. Assim, se a planta passa por mudanças estruturais, nutricionais e químicas previsíveis durante seu desenvolvimento, estas poderiam funcionar como pistas para *T. absoluta* abandonar lavouras em deterioração (Leather, 1990).

De fato, *T. absoluta* apresenta grande capacidade de se deslocar entre cultivos (Bentacourt *et al.*, 1996). Evidência disto se deve também ao fato de adultos terem sido coletados nas lavouras de tomate ao longo de todo o período experimental, apesar dos picos populacionais estarem concentrados em determinadas épocas do ano. Alternativamente, na ausência de plantas de tomate próximas, *T. absoluta* poderia dispersar para hospedeiros alternativos como as solanáceas silvestres maria-pretinha (*Solanum americanum*) e joá-bravo (*S. aculeatissimum*) (França & Castelo Branco, 1992).

A constante captura de adultos ao longo de todo o ano se deve também a manutenção de restos culturais ao término dos cultivos. Após a última amostragem, a maioria dos cultivos permaneceu por cerca de vinte a trinta dias no campo. Esta prática favorece o desenvolvimento de *T. absoluta* gerando novos indivíduos emigrantes. Este fato pode ser confirmado através da observação do aumento de frutos broqueados nas últimas datas de coleta.

A decisão de abandonar o recurso pode ser tomada na fase adulta (Thompson & Pellmyr, 1991), entretanto, a determinação no caso de *T. absoluta* parece ser modulada na fase larval. Esta hipótese baseia-se na redução do número de ovos com a proximidade do término do cultivo. Dessa forma, o condicionamento das larvas às condições de deterioração do recurso irá originar adultos emigrantes.

Uma vez que *T. absoluta* chega a outra mancha de recursos, o estabelecimento, crescimento e desenvolvimento populacional será determinado por fatores bióticos e abióticos do local. Como os elementos climáticos, genética da planta e tratos culturais dos agroecossistemas de Viçosa e Coimbra foram muito semelhantes, as diferenças nas densidades populacionais deste inseto observadas entre estes locais foram atribuídas a ausência e aplicação de inseticidas. O estudo em ambiente sem a utilização de inseticidas é importante por permitir a investigação da mortalidade natural de insetos fitófagos nos agroecossistemas.

Como esperado, a densidade de minas e frutos broqueados por *T. absoluta* foi reduzida com a aplicação de inseticidas, no entanto, mesmo exposto a várias aplicações desses pesticidas, este inseto atingiu o *status* de praga em diversas ocasiões (Figura 3). Este fato se deve à grande habilidade desta praga em desenvolver resistência aos vários grupos de inseticidas (Salazar & Araya, 1997; Siqueira *et al.*, 2000a,b e 2001) e à redução da mortalidade natural devido aos efeitos nocivos dos pesticidas sobre os inimigos naturais (Leite *et al.*, 1998; Moura *et al.*, 2005).

Aliado aos problemas advindos da utilização excessiva de inseticidas, a dificuldade de controle de *T. absoluta* reside também no fato deste inseto ser altamente adaptado ao tomateiro. *T. absoluta* reduz a competição interespecífica com outros fitófagos que pertencem à mesma guilda alimentar através de assincronias no tempo (ao longo do ano) e espaço (dentro da planta). Para outros insetos fitófagos, a competição

interfere na abundância podendo influenciar significativamente as relações entre herbívoros e suas plantas hospedeiras (Denno *et al.*, 1995).

O hábito endofítico de *T. absoluta* lhe confere outra vantagem adaptativa no processo de fitofagia por reduzir e/ou eliminar os problemas com dessecação e fixação à planta (Strong *et al.*, 1984; Bernays & Chapman, 1994). Contudo, partes reprodutivas e tecidos jovens são provavelmente mais defendidos que outras partes da planta (Karban & Baldwin, 1997). A teoria da otimização defensiva prediz que uma planta deve defender melhor sua parte mais valiosa de forma a maximizar sua defesa com um mínimo de custo (McKey, 1974 e 1979; Rhoades, 1979). Isto conduz a uma variação de defesa física e química dentro da planta, onde as partes com maior probabilidade de ataque e maior valor na performance da planta são mais fortemente defendidas. Dessa forma, alimentar-se dentro do fruto poderia ser uma desvantagem devido a maior concentração de compostos de defesa (Kozukue *et al.*, 2004), entretanto este possível prejuízo é superado por outras vantagens advindas deste comportamento. De fato, a migração de larvas de 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> instares de *T. absoluta* das folhas para o fruto reduz ação dos inimigos naturais e os efeitos nocivos do ambiente (principalmente chuva), como observado pela alta percentagem de frutos broqueados durante o período chuvoso (Figuras 2 e 3). Larvas de 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> instares que permanecem nas folhas são altamente afetadas por fatores bióticos e abióticos (Capítulo 2), resultando em elevada mortalidade natural (Figura 2).

A característica de oligofagia exibida por *T. absoluta* permite a este inseto especialista alta sensibilidade mesmo a pequenas quantidades de sinais. Portanto, adultos dessa espécie são sensíveis aos voláteis específicos do hospedeiro, o que permite localização à longa distância. Isso proporciona boa escolha, menor exposição a riscos ambientais devido à rapidez da escolha e menor gasto de energia. Esse inseto tem esta adaptação devido aos seus sistemas neurais simplificados. Na captação de um sinal

há um balanço entre salvar a informação no sistema neural e fazer uma eficiente decisão (Bernays, 2001). Portanto, a diferença do tamanho dos cultivos de Viçosa e Coimbra possivelmente não influenciou o processo de localização do recurso pelos adultos de *T. absoluta*.

Durante o período experimental houve sobreposição de lavouras com diferentes idades em uma mesma época do ano. Portanto, variações nas densidades entre lavouras de um mesmo local com as mesmas condições climáticas foram devidas às características da planta hospedeira. *Tuta absoluta* atingiu o *status* de praga principalmente em lavouras de tomate depois da frutificação. Dessa forma, as estratégias e táticas de controle deste inseto praga devem-se concentrar neste estágio fenológico.

Os picos eruptivos de *T. absoluta* foram observados logo após um período de baixa mortalidade natural (inverno de 2004). Esta condição, aliada ao aumento da velocidade do vento e da temperatura do ar (Figura 2) propiciou o aumento populacional desta praga. O declínio da população foi devido às condições bióticas e abióticas adversas à sobrevivência, reprodução, crescimento e desenvolvimento de *T. absoluta*. Muitos fatores bióticos apresentam relação densidade-dependente e, portanto atuam em condições de alta densidade populacional do inseto fitófago. De fato, na primavera de 2004, com o aumento populacional propiciado no inverno anterior, foi verificada grande atuação de Vespidae predadores de larvas (Capítulo 2).

No outono e inverno de 2004 em Viçosa, a menor mortalidade natural acumulativa foi resultado da reduzida mortalidade no estágio larval de *T. absoluta*, o que causou crescimento populacional ( $R_0$ ) desta espécie (Tabela 1). Este fato foi comprovado pelos elevados picos populacionais observados no final deste inverno (Figura 2). No inverno seguinte, a mortalidade foi maior do que no anterior, mas mesmo assim houve um pequeno crescimento populacional ( $R_0=1,11$ ). Estes dados estão de

acordo com a flutuação populacional exibida em Viçosa, onde o pico populacional no inverno de 2005 foi inferior ao pico do inverno de 2004. Esta mortalidade foi possivelmente devido à ação de inimigos naturais, uma vez que em Coimbra, onde se utilizou inseticidas, os picos populacionais nos dois anos foram semelhantes (Figura 3).

A utilização de inseticidas retardou os picos populacionais de *T. absoluta* (Figura 4), adiando a fase de crescimento populacional. Porém, estes pesticidas exerceram apenas um controle parcial sobre *T. absoluta*, visto que não mantiveram a densidade populacional da praga abaixo do nível de dano econômico. Como esperado, o pico de minas sucedeu o pico de ovos e precedeu o pico de frutos broqueados. O pico populacional de adultos de *T. absoluta* sucedeu o pico de ovos, demonstrando que uma pequena densidade de adultos é suficiente para estabelecer o pico populacional de ovos (Figura 4). A participação do vento no estabelecimento inicial de adultos indica haver um processo de dispersão para as lavouras em formação, como mencionado anteriormente. Estes adultos irão originar ovos que originarão minas (Figura 5).

Insetos podem ser transportados passivamente pelo vento, utilizá-lo para maximizar vôos orientados ou ainda voar em sentido diferente ao da corrente de ar. Em ventos cuja velocidade é superior à de seu próprio vôo, geralmente em maiores altitudes, o inseto segue o sentido da corrente, inclusive podendo deixar-se transportar passivamente (Rankin & Singer, 1984; Drake & Farrow, 1988). A dispersão pelo vôo passivo pode ser mais freqüente em insetos pequenos e deveria ser altamente compensadora, devido ao menor custo energético que ela representa (Gatehouse, 1997). Por outro lado, o inseto pode usar correntes atmosféricas de maior altitude para transpor longas distâncias em muito pouco tempo (Smith & Sears, 1982). Assim, atividades ordinárias locais devem ser realizadas durante ventos leves, enquanto os ventos mais fortes e de maior altitude podem favorecer a migração.

Portanto, se o movimento dos insetos em parte é governado pelos ventos, a distribuição e a abundância desses organismos devem ser afetadas por este fator. De fato, *T. absoluta* foi altamente influenciada pelo vento durante o processo de colonização. Este inseto parece utilizar as trajetórias de correntes aéreas para determinar locais de origem e de destino de fluxos de dispersão (Reynolds *et al.*, 1997). Zonas de convergência de ventos são particularmente propícias à altas concentrações de insetos (Reynolds *et al.*, 1997; Wellington *et al.*, 1999), o que obviamente tem importantes implicações na agricultura (Joyce, 1983). Ciclos previsíveis em populações de *T. absoluta* apresentam relação causal com padrões sazonais de movimentação atmosférica. Entretanto, ventos não são necessariamente causas imediatas da migração. Eles podem ser melhor interpretados como uma ferramenta utilizada pelos indivíduos maximizarem seu sucesso reprodutivo. Assim, é mais provável que o estímulo migratório seja proveniente de outras variáveis do habitat. Variações na temperatura, na precipitação, na qualidade do recurso, na densidade populacional e até no ataque de inimigos naturais são estímulos mais prováveis e que estão diretamente relacionados com a qualidade do habitat (Rankin & Singer, 1984; Denno & Peterson, 1995; Gatehouse, 1997; Nechols *et al.*, 1999).

Por outro lado, a precipitação afeta negativamente adultos de *T. absoluta* possivelmente por limitar a capacidade de vôo reduzindo encontro de parceiros para reprodução (Bacca *et al.*, 2006). Por afetar o potencial reprodutivo, a precipitação desempenha um importante papel na dinâmica populacional deste inseto.

Além dos fatores mencionados, a temperatura talvez seja a variável mais importante para organismos que possuem baixa regulação térmica corporal (Willmer, 1982; Wallner, 1987). Os efeitos da temperatura são mais complexos e podem afetar a sobrevivência e performance dos insetos. Temperaturas entre 15 e 25°C representam a faixa ideal para atividade reprodutiva de *T. absoluta* (Bentacourt *et al.*, 1996). Larvas

submetidas à temperaturas fora desta faixa podem originar adultos com baixa capacidade reprodutiva. As larvas desenvolvem normalmente entre 20 e 30°C (Bentacourt *et al.*, 1996). Temperaturas próximas de 35°C causam mortalidade e temperaturas inferiores a 20°C aumentam o período de desenvolvimento larval (Bentacourt *et al.*, 1996), expondo o inseto por um período de tempo maior, em sua fase mais crítica, aos fatores bióticos e abióticos de mortalidade.

Após a frutificação do tomateiro, os efeitos dos elementos climáticos sobre a migração de adultos foram secundários. As densidades de ovos, minas e frutos broqueados parecem estar mais relacionadas com as populações originadas antes da frutificação e com indivíduos vindos de dentro da lavoura, isto é, oriundos da geração desenvolvida em plantas antes da frutificação (Figura 6). De fato, o período desde o plantio até a formação do primeiro cacho é suficiente para o desenvolvimento de uma geração de *T. absoluta*.

Trivedi *et al.* (1994) estudando à influencia de elementos climáticos sobre *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), um inseto que apresenta hábitos semelhantes aos de *T. absoluta*, verificaram correlação positiva da velocidade do vento e temperatura e, negativa da precipitação com populações deste inseto. Schotman & Lacayo (1989) descreveram que o aparecimento de uma praga muitas vezes ocorre por mudanças de certos fatores abióticos. A temperatura é um dos fatores mais importante nas regiões de clima temperado e a precipitação nas regiões tropicais. Matta & Ripa (1981) estudando a flutuação populacional da *T. absoluta* constataram uma correlação positiva e significativa entre populações de larvas e a temperatura. Haji *et al.* (1988) e Castelo Branco (1992) verificaram que *T. absoluta* apresenta grande abundância em períodos de ausência ou escassez de chuvas. Costa *et al.* (1998) verificaram a remoção de ovos de *T. absoluta* de folhas do tomateiro sob condições de irrigação por aspersão. Isto ocorreu devido ao fato dos ovos da *T. absoluta* serem

depositados, na sua maioria, no estrato apical do dossel da planta, ficando assim mais expostos à ação da precipitação pluviométrica ou da água de irrigação por aspersão. Haji (1989) também relatou o efeito negativo da precipitação pluviométrica e irrigação por aspersão sobre ovos e larvas de *T. absoluta*.

Assim, a utilização de inseticidas no tomateiro reduz as injúrias de *T. absoluta*, mas não o suficiente para manter a praga abaixo do nível de dano econômico durante a época mais favorável ao crescimento populacional. O *status* de praga é atingido por este inseto na maior parte do tempo após a frutificação do tomateiro. A baixa densidade populacional de *T. absoluta* durante o verão e o outono se deve a alta mortalidade natural e aos efeitos diretos e indiretos dos elementos climáticos sobre esta praga. A não ser breves períodos de letargia, não existem evidências seguras da ocorrência de diapausa em *T. absoluta*. Portanto, ainda que *T. absoluta* apresente alta atividade de dispersão entre as manchas efêmeras formadas pelas lavouras, este fenômeno não explica a variação sazonal desta praga. A redução da mortalidade natural e o aumento da velocidade do vento e da temperatura do ar são as causas proximais dos ciclos sazonais de crescimento das populações. Já o declínio das populações está correlacionado com o aumento da mortalidade natural e efeito negativo direto e indireto da chuva sobre *T. absoluta*. Estudos futuros visando a determinação de estratégias e táticas de manejo desta praga devem levar em consideração a sua época de ocorrência e os fatores relacionados com as variações sazonais em suas populações.



## LITERATURA CITADA

- BACCA, T.; LIMA, E.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; VIANA, J.H.M. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.119, p.39-45, 2006.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; DELLA LUCIA, T.M.C; SEMEÃO, A.A. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for Hymenopteran parasitoids on cucumber. **Journal of Economical Entomology**, v.99, n.6, prelo, 2006.
- BENTANCOURT, C.M.; SCATONI, I.B.; RODRIGUEZ, J.J. Influencia de la temperatura sobre la reproducción y el desarrollo de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.56, n.4, p.661-670, 1996.
- BERNAYS, E.A. Neural limitations in phytophagous insects: implications for diet breadth and evolution of host affiliation. **Annual Review of Entomology**, v.46, p.703-727, 2001.
- BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F. **Host-Plant Selection by Phytophagous Insects**. New York: Chapman and Hall, 1994, 310p.
- CAMPOS, W.G; SCHOEREDER, J.H.; DE SOUZA, O. Seasonality in neotropical populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera): resource availability and migration. **Population Ecology**, v.48, p.151-158, 2006.
- CAMPOS, W.G; SCHOEREDER, J.H.; PICANÇO, M.C. Performance of an oligophagous insect in relation to the age of the host plant. **Neotropical Entomology**, v.32, n.4, p.671-676, 2003.

- CASTELO BRANCO, M. Flutuação populacional da traça-do-tomateiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v.10, n.1, p.33, 1992.
- COELHO, D.J.S.; SOUZA, A.L.; OLIVEIRA, C.M.L. Levantamento da cobertura florestal natural da microrregião de Viçosa, MG, utilizando-se imagens de Landsat 5. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.17-24, 2005.
- COELHO, M.C.F.; FRANÇA, F.H. Biologia, quetotaxia da larva e descrição da traça-do-tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.2, p.129-135, 1987.
- COSTA, J.S.; JUNQUEIRA, A.M.R.; SILVA, W.L.C.; FRANÇA, F.H. Impacto da irrigação via pivô-central na dinâmica populacional da traça-do-tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.1, p.19-23, 1998.
- DENNO, R.F.; MCCLURE, M.S.; OTT, J.R. Interspecific interactions in phytophagous insects: competition revisited and resurrected. **Annual Review of Entomology**, v.40, p.297–331, 1995.
- DENNO, R.F.; PETERSON, M.A. Density-dependent dispersal and its consequences for population dynamics. In: CAPPUCINO, N.; PRICE P.W. (Eds.). **Population dynamics. New Approaches and Synthesis**. San Diego: Academic Press, 1995. p.113-130.
- DRAKE, V.A.; FARROW, R.A. The influence of atmospheric structure and motions on insect migration. **Annual Review of Entomology**, v.3, p.183-210, 1988.
- EUBANKS, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control**, v.21, p.35–43, 2001.
- FRANÇA, F.H.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) em solanáceas silvestres no Brasil Central. **Horticultura Brasileira**, v.10, n.1, p.6-10, 1992.
- GATEHOUSE, A.G. Behavior and ecological genetics of wind-borne migration by insects. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.475-502, 1997.
- GONRING, A.H.R. **Sistemas de tomada de decisão para o manejo integrado de *Tuta absoluta* (Meyrick) na cultura do tomate**. Viçosa, 2004. 160p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- HAI, F.N.P. **Controle da traça-do-tomateiro**. Comunicado Técnico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989, 2p.
- HAI, F.N.P.; OLIVEIRA, C.A.V.; AMORIN NETO, M.S.; BATISTA, J.G.S. Flutuação populacional da traça-do-tomateiro no Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.1, p.7-14, 1988.
- HANSKI, I. **Metapopulation ecology**. Oxford: Oxford University Press, 1999, 324p.

- HARRISON, R.G. Dispersal polymorphism in insects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.95-118, 1980.
- HOPKINS, G.W.; MEMMOTT, J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, v.28, p.687-693, 2003.
- HUNTER, M.D.; OHGUSHI, T.; PRICE, P.W. **Effects of resource distribution on animal-plant interactions**. San Diego: Academic Press, 1992, 505p.
- IMENES, S.D.L.; FERNADES, M.A.U.; CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P. Aspectos biológicos e comportamentais da traça do tomateiro *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917), (Lepidoptera-Gelechiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.57, n.1/2, p.63-68, 1990.
- JANZEN, D.H. When, and when not to leave. **Oikos**, v.49, p.241-243, 1987.
- JOYCE, R.J.V. Aerial transport of pests and pest outbreaks. **European Plant Protection**, v.13, p.111-119, 1983.
- KARBAN, R.; BALDWIN, I.T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: Chicago University Press, 1997, 319p.
- KARBAN, R.; THALER, J.S. Plant phase change and resistance to herbivory. **Ecology**, v.80, p.510-517, 1999.
- KEARSLEY, M.J.C.; WHITHAM, T.G. Developmental changes in resistance to herbivory: Implications for individuals and populations. **Ecology**, v.70, p.422-434, 1989.
- KOZUKUE, N.; HAN, J.S.; LEE, K.R.; FRIEDMAN, M. Dehydrotomatine and  $\alpha$ -tomatine content in tomato fruits and vegetative plant tissues. **Journal Agricultural Food and Chemistry**, v.52, p.2079-2083, 2004.
- LAM, W.K.F.; PEDIGO, L.P.; HINZ, P.N. Population dynamics of bean leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in Central Iowa. **Environmental Entomology**, v.30, n.3, p.562-567, 2001.
- LEATHER, S.R. **Life history traits of insect herbivores in relation to host quality**. In: BERNAYS, E.A. (Ed.) *Insect-plant interactions*. Florida: CRC Press, 1990, v.5, p.175-207.
- LEITE, G.D.L.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; GUSMÃO, M.R. Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **CEIBA**, v.39, n.2, p.191-194, 1998.

- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.C.; JHAM, G.N.; PEREIRA, P.R. Effect of NK fertilization on resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Agronomia Lusitana**, v.49, p.63-72, 2001.
- LI, C.C. **Path Analysis: A Primer**. Pacific Grove: Boxwood Press, 1975, 347p.
- MATTA, S.F.; RIPA, R.S. Avances en el control de la polilla del tomate, *Scrobipalpula absoluta*, (Meyr) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Agricultura Técnica**, v.41, n.2, p.73-77, 1981.
- MCKEY, D. Adaptive patterns in alkaloid physiology. **American Naturalist**, v.108, p.305-320, 1974.
- MCKEY, D. The distribution of secondary compounds within plants. In: ROSENTHAL, G.A.; JANZEN, D.H. (Eds.) **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. New York: Academic Press, 1979, p.55-133.
- MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E.F.; ATTYGALLE, A.B.; MEINWALD, J.; SVATOS, A.; JHAM, G.N. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps. **Journal of Chemical Ecology**, v.4, n.26, p.875-881, 2000.
- MIHSFELDT; L.H; PARRA, J.R.P. Biología de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) em dieta artificial. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, 1999.
- MIRANDA, M.M.M.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.8, p.597-606, 1998.
- MITCHELL, R.J. Path analysis: pollination. In: SCHEINER, S.M.; GUREVITCH, J. (Eds.) **Design and analysis of ecological experiments**. New York: Chapman & Hall, 1993, p.217-234.
- MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; RIGITANO, R.L.O. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum* **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.203-210, 2005.
- NECHOLS, J.R.; TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A.; MASAKI, S. Adaptations to hazardous seasonal conditions: dormancy, migration, and polyphenism. In: HUFFAKER, C.B.; GUTIERREZ, A.P. (Eds.). **Ecological entomology**. New York: Wiley, 1999, p.159-200.
- NOVOTNÝ, V. Relation between temporal persistence of host plants and wing length in leafhoppers (Hemiptera, Auchenorrhyncha). **Ecological Entomology**, v.19, p.168-176, 1994.
- PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; GALVAN, T.L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas**. Viçosa: UFV, 2000, p.275-324.

- PICANÇO, M.C.; SILVA, D.J.H.; LEITE, G.L.D.; MATA, A.C.; JHAM, G.N. Intensidade de ataque de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) ao dossel de três espécies de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.4, p.429-433, 1995.
- POWER, M.E. Top-down and bottom-up forces in food webs: Do plants have primacy? **Ecology**, v.73, p.733-746, 1992.
- PRICE, P.W. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1997, 874p.
- RANKIN, M.A.; SINGER, M.C. Insect movement: mechanisms and effects. In: HUFFAKER, C.B.; RABB, R.L. (Eds.). **Ecological Entomology**. New York: Wiley, 1984, p.185-216.
- REYNOLDS, D.R.; RILEY, J.R.; ARMES, N.J.; COOTER, R.J.; TUCKER, M.R.; COLVIN, J. Techniques for quantifying insect migration. In: DENT, D.R.; WALTON, M.P. (Eds.) **Methods in Ecological and Agricultural Entomology**. Wallingford: CAB International, 1997, p.111-145.
- RHOADES, D.F. Evolution of plant chemical defense against herbivores. In: ROSENTHAL, G.A.; JANZEN, D.H. (Eds.) **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. New York: Academic Press, 1979, p.4-54.
- ROININEN, H.; PRICE, P.W.; TAHVANAINEN, J. Colonization and extinction in a population of the shoot - galling sawfly, *Euura amerinae*. **Oikos**, v.68, p.448-454, 1993.
- SALAZAR, E.S.; ARAYA, J.E. Detección de resistencia a insecticidas em la Polilla del Tomate. **Simiente**, v.67, p.8-22, 1997.
- SAS Institute. **SAS for Windows Version 9.0**. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA, 2002.
- SIQUEIRA, H.A.A.; GUEDES, R.N.C.; FRAGOSO, D.B.; MAGALHÃES, L.C. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **International Journal of Pest Management**, v.47, n.4, p.247-251, 2001.
- SIQUEIRA, H.A.A.; GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.124, n.5/6, p.233-238, 2000a.
- SIQUEIRA, H.A.A.; GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Agricultural and Forest Entomology**, v.2, p.147-153, 2000b.
- SMITH, D.B.; SEARS, M.K. Evidence for dispersal of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), into southern Ontario. **Proceedings of the Entomological Society of Ontario**, v.113, p.21-28, 1982.

- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. New York: W.F. Freeman, 1995, 887p.
- SOUTHWOOD, T.R.E. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. **Biological Reviews**, v.37, p.171-214, 1962.
- SPIEGEL, L.H.; PRICE, P.W. Plant aging and the distribution of *Rhyacionia neomexicana* (Lepidoptera: Tortricidae). **Environmental Entomology**, v.25, p.359-365, 1996.
- STRONG, D.R.; LAWTON, J.H.; SOUTHWOOD, T.R.E. Evolution of phytophagous insects. In: STRONG, D.R.; LAWTON, J.H.; SOUTHWOOD, T.R.E. **Insects on plants: Community Patterns and Mechanisms**. Massachusetts: Harvard University Cambridge, 1984, p.15-45.
- TRIVEDI, T.P.; RAJAGOPAL, D.; TANDON, P.L. Environmental correlates of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **International Journal of Pest Management**, v.40, n.4, p.305-308, 1994.
- WALLNER, W.E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-Outbreak species. **Annual Review of Entomology**, v.32, p.317-40, 1987.
- WALTZ, A.M.; WHITHAM, T.G. Plant development affects arthropod communities: opposing impacts of species removal. **Ecology**, v.78, p.2133-2144, 1997.
- WELLINGTON, W.G., JOHNSON, D.L.; LACTIN, D.J. Weather and insects. In: HUFFAKER, C.B.; GUTIERREZ, A.P. (Eds.). **Ecological Entomology**. New York: Wiley, 12nd. ed, 1999, p.313-353.
- WILLMER, P.G. Microclimate and the environmental physiology of insects. **Advances in Insect Physiology**. v.16, p.1-57, 1982.
- WOLDA, H. Fluctuations in abundance of tropical insects. **American Naturalist**. v.112, p.1017-1045, 1978a.
- WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. **Journal of Animal Ecology**. v.47, p.369-381, 1978b.
- WOLDA, H. Insect seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.19, p.1-18, 1988.

**VARIAÇÃO SAZONAL DOS FATORES DE MORTALIDADE NATURAL DE  
*Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)**

RESUMO - A variação sazonal da mortalidade natural de insetos fitófagos é regulada pela importância relativa dos fatores bióticos e abióticos do agroecossistema e o conhecimento da magnitude destes fatores ao longo do ano representa um ponto chave no estabelecimento de estratégias e táticas de manejo de pragas. Assim, objetivou-se estudar a variação sazonal dos fatores de mortalidade natural de *Tuta absoluta* no tomateiro. Os dados para a construção das tabelas de vida foram coletados em lavouras de tomate em oito períodos: outono de 2004 e 2005, inverno de 2004 e 2005, primavera de 2004 e 2005 e verão de 2005 e 2006. Os estádios imaturos de *T. absoluta* obtidos de criação em laboratório foram levados e acompanhados no campo durante as quatro estações do ano, ao longo de dois anos. As causas de mortalidade em cada estágio de desenvolvimento do inseto, desde o estabelecimento até seu término, foram monitoradas diariamente no campo. Múltiplos fatores bióticos e abióticos de mortalidade afetaram os estádios imaturos de *T. absoluta*. Em média, estes fatores causaram redução populacional na primavera ( $R_0 = 0,05$ ) e no verão ( $R_0 = 0,02$ ) e aumento no outono ( $R_0 = 1,06$ ) e no inverno ( $R_0 = 2,85$ ). Os estádios críticos de mortalidade foram: pupas e larvas de 2º e 3º instares (outono 2004), ovos e larvas de 3º instar (inverno 2004), larvas de 2º,

3° e 4° ínstaes (primavera 2004 e verão 2005), larvas de 3° e 4° ínstaes (outono 2005 e primavera 2005), larvas de 4° ínstar (inverno 2005) e larvas de 3° ínstar (inverno 2005). Os fatores chave de mortalidade de *T. absoluta* no outono de 2004 foram predação de larvas de 2° ínstar por percevejos predadores, predação de larvas de 2° e 3° ínstar por *P. sylveirae* e predação e má formação de pupas. Já no outono de 2005 foram predação de larvas de 3° ínstar por *P. sylveirae* e parasitismo de larvas de 3° e 4° ínstar por *Bracon* sp. No inverno de 2004, os fatores chave de mortalidade foram: inviabilidade de ovos e parasitismo de larvas de 3° ínstar por *Bracon* sp. Já no inverno de 2005 foi o parasitismo de larvas de 4° ínstar por *Bracon* sp. Na primavera de 2004, o fator chave de mortalidade foi a predação de larvas de 2°, 3° e 4° ínstaes por *P. sylveirae*. Já na primavera de 2005 foi a predação de larvas de 3° e 4° ínstaes por *P. sylveirae*. No verão de 2005, o fator chave de mortalidade foi a predação de larvas de 2°, 3° e 4° ínstaes por *P. sylveirae*. Já no verão de 2006 foi a predação de larvas de 3° ínstar por *P. sylveirae*.

**Palavras-chave:** tabela de vida, mortalidade marginal, mortalidade indispensável, mortalidade contemporânea, parasitóide, predador.



**SEASONAL VARIATION OF NATURAL MORTALITY FACTORS OF *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)**

ABSTRACT - The seasonal variation of natural mortality of phytophagous insects is regulated by the relative importance of abiotic and biotic factors of the agroecosystem, and therefore knowledge of the magnitude of these factors throughout the year represents a key point in the establishment of strategies and tactics of integrated pest management. Thus, this research aimed to study the seasonal variation of natural mortality factors of *Tuta absoluta* in tomato. Data for construction of life tables were collected in tomato plots in eight periods: autumn of 2004 and 2005, winter of 2004 and 2005, spring of 2004 and 2005 and summer of 2005 and 2006. The immature stages of *T. absoluta* were obtained from mass rearing in the laboratory; they were taken to field and followed during the four seasons during two years. The mortality causes in each stage of development of the insect, from egg to adult were monitored daily in the field. Multiple abiotic and biotic factors caused mortality of immature stages of *T. absoluta*. On average, these factors caused population reduction in the spring ( $R_0 = 0.05$ ) and summer ( $R_0 = 0.02$ ), and increase in the autumn ( $R_0 = 1.06$ ) and winter ( $R_0 = 2.85$ ). The critical stages of mortality were: pupa and larva of 2nd and 3rd instars (autumn 2004), egg and larva of 3rd instar (winter 2004), larva of 2nd, 3rd and 4th instars (spring 2004

and summer 2005), larva of 3rd and 4th instars (autumn 2005 and spring 2005), larva of 4th instars (winter 2005) and larva of 3rd instar (winter 2005). Key mortality factors of *T. absoluta* in the autumn of 2004 were predation of larvae of 2nd instar by predatory bugs, predation of larvae of 2nd and 3rd instar by *Protonectarina sylveirae* and predation and malformation of pupae. During autumn of 2005 key factors were predation of larvae of 3rd instar by *P. sylveirae* and parasitism of larvae of 3rd and 4th instar by *Bracon sp.* In the winter of 2004, the key mortality factors were: inviability of eggs and parasitism of larvae of 3rd instar for *Bracon sp.* During the winter of 2005, the key mortality factors were the parasitism of larvae of 4th instar by *Bracon sp.* In the spring of 2004, predation of larvae of 2nd, 3rd and 4th instars by *P. sylveirae* were the key factors. In the spring of 2005, the key factor was predation of larvae of 3rd and 4th instars by *P. sylveirae*. During the summer of 2005, the key mortality factors were predation of larvae of 2nd, 3rd and 4th instars by *P. sylveirae*. Finally in the summer of 2006, predation of larvae of 3rd instar by *P. sylveirae* was the mortality key factor of *T. absoluta*.

**Keywords:** life table, marginal mortality, indispensable mortality, contemporaneous mortality, parasitoid, predator.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um crescente interesse por estudos destinados a esclarecer o papel dos componentes do agroecossistema na dinâmica populacional de insetos-praga (Furlong *et al.*, 2004; Naranjo & Ellsworth 2005). Entre estes componentes, os inimigos naturais, os elementos climáticos e as características da planta hospedeira são os fatores mais importantes que afetam a dinâmica populacional de insetos-praga. Considerando-se que a nocividade de herbívoros depende da sua abundância, o entendimento dos mecanismos determinantes da regulação populacional destes insetos torna-se fundamental na elaboração de programas de manejo integrado de pragas.

Uma importante ferramenta de pesquisa ecológica utilizada em estudos de dinâmica populacional consiste na construção de tabelas de vida ecológica. Estes estudos permitem avaliar de forma quantitativa e qualitativa os fatores de mortalidade natural (Harcourt, 1969; Miranda *et al.*, 1998a; Gonring *et al.*, 2003). A identificação e quantificação das causas de mortalidade permitem determinar os estágios críticos e os fatores chave de mortalidade do inseto em estudo, contribuindo assim para o desenvolvimento de eficientes estratégias de manejo de pragas.

A traça do tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), é a principal praga do tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. na América do Sul (Michereff Filho *et al.*, 2000; Leite *et al.*, 2001). Este inseto causa sérios prejuízos econômicos à cultura do tomate devido à redução na produtividade e ao grande número de aplicações de inseticidas utilizados no seu controle (Picanço *et al.*, 1995). Dependendo da época do ano as perdas podem chegar a 100% devido ao ataque nas folhas, flores, caule e principalmente nos frutos (Picanço *et al.*, 1995).

A ocorrência de inimigos naturais de *T. absoluta* (Marques & Alves, 1995; Miranda *et al.*, 1998ab; Botto & Lanteri, 1999; Berta & Colomo, 2000; Melo & Campos, 2000; Oliver & Bringas, 2000; Giustolin *et al.*, 2001; Querino & Zucchi, 2003; Marchiori *et al.* 2003) e a correlação entre a densidade populacional desta praga com os elementos climáticos (Matta & Ripa, 1981; Haji *et al.* 1988; Castelo Branco, 1992), têm sido registradas na cultura do tomateiro. No entanto, nenhum estudo quantificou a importância relativa desses fatores na mortalidade natural de *T. absoluta* dentro de uma perspectiva ecológica.

Além desses fatores, características da planta hospedeira como morfologia, estado nutricional e aleloquímicos também podem afetar a performance e a mortalidade de *T. absoluta* e desempenhar importante papel em sua dinâmica populacional. Esses fatores podem reduzir a viabilidade dos ovos e afetar os processos fisiológicos durante os processos de muda e metamorfose aumentando assim a mortalidade nos estágios imaturos do inseto (Awmack & Leather, 2002).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi construir e analisar tabelas de vida ecológicas para *T. absoluta* em diferentes estações do ano, com o intuito de identificar os estágios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga.

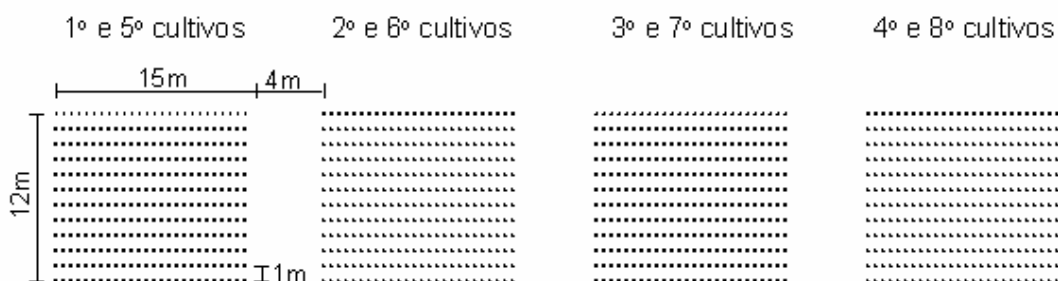
## MATERIAL E MÉTODOS

### Local, estações, instalação e condução dos experimentos

O estudo foi realizado em Viçosa (20°48'45''S; 42°56'15''W; altitude 600m), Minas Gerais, Brasil. Os dados para a construção das tabelas de vida foram coletados em lavouras de *Lycopersicon esculentum* Mill. em oito períodos: 20/março a 19/junho de 2004 (outono 2004), 20/junho a 21/setembro de 2004 (inverno 2004), 22/setembro a 09/dezembro de 2004 (primavera 2004), 21/dezembro de 2004 a 24/fevereiro de 2005 (verão 2005), 20/março a 26/maio de 2005 (outono 2005), 21/junho a 01/setembro de 2005 (inverno 2005), 22/setembro a 27/outubro de 2005 (primavera 2005) e 10/fevereiro a 20/março de 2006 (verão 2006).

As lavouras foram conduzidas em uma área de 864m<sup>2</sup> pertencente a Universidade Federal de Viçosa (UFV). A área foi dividida em 4 blocos de 180m<sup>2</sup> separados 4m entre si. As lavouras foram constituídas por 12 fileiras de 30 plantas dispostas no espaçamento 1 × 0,5 m (Esquema 1). Para o estabelecimento das lavouras, o solo foi arado, gradeado, sulcado e adubado conforme a recomendação da análise de solo. Na adubação de plantio, empregou-se 2500 Kg/ha superfosfato simples, 680 Kg/ha sulfato de amônia, 455 Kg/ha cloreto de potássio, 160 Kg/ha sulfato de magnésio, 18

Kg/ha bórax e 18 Kg/ha sulfato de zinco. A adubação de cobertura foi parcelada, sendo a primeira 15 dias após o transplante e as demais semanalmente, onde utilizou-se 30 g/planta da mistura de  $\frac{3}{4}$  de sulfato de amônio e  $\frac{1}{4}$  de cloreto de potássio.



Esquema 1. Esquema das lavouras de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. utilizadas na coleta de dados para a confecção de tabelas de vida ecológica de *T. absoluta*.

As plantas foram conduzidas com uma haste utilizando-se o tutoramento com bambu na forma de cerca cruzada. A irrigação foi realizada com mangueira, duas a quatro vezes por semana, e as práticas de desbrota e amarrão foram feitas a cada 15 dias. Para o controle de doenças foram aplicados alternadamente, de uma a duas vezes por semana, os fungicidas: cimoxanil 80g/Kg + mancozebe 640g/Kg (3,0 Kg p.c./ha), clorotalonil 675g/Kg + metalaxil-M 67,5g/Kg (1,5 Kg p.c./ha), clorotalonil 500g/L + dimetomorfe 100g/L (3,0 L p.c./ha), cloridrato de propamocarbe 722g/L (1,5 L p.c./ha), oxiclreto de cobre 850g/Kg (2,0 Kg p.c./ha), mancozebe 640g/Kg + metalaxil-M 40g/Kg (2,5 Kg p.c./ha), tebuconazol 200g/L (1,0 L p.c./ha) e azoxistrobina 500g/L (160 g p.c./ha). Não foi aplicado inseticida em nenhuma das lavouras estudadas.

### **Criação de *Tuta absoluta* em laboratório**

Todos os estádios de desenvolvimento de *T. absoluta* utilizados nos experimentos foram obtidos da criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV. Em todas as fases de desenvolvimento da criação foram utilizadas gaiolas (50 × 50 × 50 cm) construídas de armação de madeira e teladas com organza.

Para a formação desta criação, folhas contendo larvas de *T. absoluta* foram coletadas em lavouras de tomate localizadas no município de Viçosa, Minas Gerais. As larvas foram transferidas para folhas de tomate isentas de pragas e doenças e, posteriormente, acondicionadas no interior das “gaiolas de larvas”. Para a manutenção da turgescência das folhas os pecíolos foram imersos em recipientes de 100 mL água. As aberturas dos recipientes foram vedadas com algodão hidrofóbico para evitar a morte das larvas por afogamento. Novas folhas foram adicionadas diariamente às gaiolas para o desenvolvimento das larvas até a formação das pupas.

Assim que as larvas passaram para fase de pupa, as folhas foram retiradas da água e transferidas para as “gaiolas de pupação”. Os adultos emergidos nestas gaiolas foram coletados com um aspirador elétrico e transferidos para as “gaiolas de oviposição”. Adicionou-se algodão umedecido em solução de mel a 10% no interior destas gaiolas para a alimentação dos adultos (Xu *et al.*, 2004). Foram mantidas duas folhas de tomate isentas de pragas e doenças para a oviposição dos adultos. As folhas com ovos foram retiradas a cada dois dias e transferidas para as “gaiolas de larvas”. Novas folhas foram adicionadas nas “gaiolas de oviposição” até a morte dos adultos.

Para a disponibilização permanente de folhas de tomate sadias foi estabelecido um cultivo de plantas da cultivar Santa Clara em vasos de 5 litros dentro de duas casas de vegetação (5 × 7 m) teladas para evitar a entrada de insetos. As mudas foram semeadas e conduzidas em vasos com 3 partes de terra e uma de esterco curtido. Tratos culturais como tutoramento, amarrio, adubação e irrigação foram realizados periodicamente. As plantas foram inspecionadas semanalmente para verificar e eliminar folhas com pragas e sintomas de doenças. À medida que as plantas foram utilizadas na criação de *T. absoluta*, novas mudas foram semeadas e adicionadas às casas de vegetação.

## **Estabelecimento da coorte**

Os estádios de *T. absoluta* obtidos da criação foram levados e acompanhados no campo durante as quatro estações do ano, ao longo de dois anos. Em cada estação, o delineamento foi inteiramente casualizado com 10 parcelas. Cada parcela foi constituída de uma planta de tomate na fase reprodutiva.

As fêmeas da *T. absoluta* preferem ovipositar no estrato apical do dossel (Labory *et al.*, 1999; Leite *et al.*, 1999ab; Prastissoli *et al.*, 2003) enquanto as larvas preferem o estrato mediano de plantas no estágio reprodutivo (Leite *et al.*, 1999a; Torres *et al.*, 2001). Dessa forma, 10 folhas do dossel apical (parcelas com ovos e posteriormente larvas de 1º instar) e 30 folhas do dossel mediano (10 folhas/parcelas com larvas de 2º, 3º e 4º instares) foram inspecionadas e limpas para a retirada de pragas e folíolos com doenças. Foram mantidos somente os folíolos principais para facilitar o processo de avaliação. As folhas imediatamente acima e abaixo também foram limpas.

Para o estabelecimento inicial da coorte, 300 adultos acasalados de *T. absoluta*, provenientes de criação, foram levados para o campo para a obtenção de ovos. Esses insetos foram divididos em 10 parcelas (30 adultos/parcela) e mantidos em sacolas de organza (30 × 40 cm). As folhas do dossel apical previamente limpas foram envoltas pelas sacolas contendo os adultos. Após 24 horas os adultos foram mortos e as sacolas retiradas das folhas.

Os ovos foram contados com o auxílio de uma lente de aumento de 10X e mapeados em um desenho esquemático da folha de tomate para facilitar o processo de avaliação. O número médio de ovos por parcela foi 150, totalizando em média 1500 ovos por coorte. As parcelas foram identificadas através de etiquetas dispostas nos bambus de tutoramento da planta e nos pecíolos das folhas. Os ovos eclodidos deram início ao 1º instar larval. O número de larvas que iniciaram o 1º instar foi variável entre



as parcelas, como resultado da diferença entre os números de ovos iniciais e ovos que não originaram larvas de 1º instar.

Para o estabelecimento dos demais estádios larvais (2º, 3º e 4º ínstars) foram utilizadas 750 larvas (250 de cada instar) provenientes da criação do laboratório. Procedimento idêntico ao empregado para ovos foi utilizado na identificação das parcelas contendo as larvas. Para cada instar, os insetos foram divididos em 10 parcelas (25 larvas/parcela) e transferidos com auxílio de um pincel para folhas do dossel mediano previamente limpas. A determinação de cada instar larval foi realizada através da observação do grau de esclerotização da cutícula, procedida pela padronização do tamanho do corpo e da cápsula cefálica dos insetos. Após a ecdise, as larvas apresentam coloração do corpo amarelo-claro e da cabeça marrom-escuro. Neste momento, a cabeça é mais larga do que o corpo e placa quitinosa não pode ainda ser distinguida. Ao alimentar-se da planta tornam-se esverdeadas, verde-escuro ou rosadas quando está aproximando-se da pupação (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990). O comprimento do corpo e a largura da cápsula cefálica variam para o segundo instar de 0,6-6,0mm e 0,22-0,28mm; para o terceiro instar de 6,0-7,0mm e 0,34-0,40mm e para o quarto instar de 7,0-8,0mm e 0,52-0,60mm, respectivamente (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990). Para facilitar o processo de separação, um arquétipo com os ínstars foi criado e utilizado no campo no momento da transferência das larvas para as folhas. Em cada estádio de desenvolvimento larval, os insetos foram retirados do campo no início da mudança para o instar seguinte. Exceção foi feita às larvas de 4º instar devido ao seu comportamento de migrar ao solo para a empupação. Estas larvas foram retiradas do campo ao apresentarem aspecto rosado, um indicativo que precede a mudança para o estádio de pupa (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990).

Um total de 300 pupas foi levado para o campo, sendo adicionadas 30 pupas por parcela. As pupas de *T. absoluta* são freqüentemente encontradas no solo, mas podem também permanecer nos folíolos ou caule envolvidas por um casulo de seda (Coelho & França, 1987; Imenes *et al.*, 1990). Assim, para a obtenção das pupas, bandejas (5 × 25 × 30 cm) preenchidas com uma camada de areia de 1,0 cm foram postas abaixo das folhas das “gaiolas de pupação” por 24 horas. Após este período a areia foi peneirada e as pupas foram retiradas para a utilização no campo. As pupas de cada parcela foram acondicionadas em potes plásticos (10 cm Ø e 7 cm de altura) preenchidos com areia e furados na lateral e base para permitir a drenagem de água. As pupas colocadas no pote foram cobertas com cerca de 3 mm de areia e os potes foram enterrados ao nível do solo próximo à base da planta. As parcelas foram identificadas através de etiquetas fixadas no solo ao lado dos potes plástico. Para padronizar o momento da retirada das pupas do campo, foi realizado um teste piloto onde as pupas foram colocadas em potes com areia cobertos com organza para medir o tempo gasto para emergência dos adultos.

Algumas parcelas de larvas de 2º, 3º e 4º ínstars e de pupas foram repetidas devido à morte de todos os insetos. Na primavera de 2004, a predação por *Protonectarina sylveirae* (Saussure) (Hymenoptera: Vespidae) impossibilitou a obtenção de parcelas com larvas de 3º e 4º instar vivas. Assim, a mortalidade destes estádios, neste período, foi estimada através do número de minas de 3º instar (minas < 0,5 cm<sup>2</sup>) e minas de 4º instar (minas > 0,5 cm<sup>2</sup>) (Borgoni *et al.*, 2003) predadas por esta vespa e de larvas de 3º e 4º ínstars vivas por planta.

### **Avaliação dos fatores de mortalidade**

As causas de mortalidade em cada estágio de desenvolvimento do inseto, desde o estabelecimento até seu término, foram monitoradas diariamente no campo (Miranda *et al.*, 1998a). Três avaliações (início, meio e final do dia) foram realizadas através da

contagem dos insetos. Ao longo de todo o dia as parcelas foram observadas para a identificação dos fatores de mortalidade.

Fatores de mortalidade com ação direta e imediata sobre ovos e larvas, como predação e morte por chuva, foram observados diretamente no campo. Já os fatores de mortalidade que possuem ação lenta, como parasitismo por endoparasitóides e inviabilidade de ovos, foram avaliados no laboratório. Muda incompleta, doenças e parasitismo pelo ectoparasitóide *Bracon* sp. (Hymenoptera: Braconidae), puderam ser avaliados no campo e laboratório. Os fatores de mortalidade de pupa foram observados no laboratório. Em todos os casos foi contabilizado o número de indivíduos restante em cada estágio de desenvolvimento do inseto.

Ovos que desapareceram entre duas avaliações subseqüentes, na ausência de chuva, foram considerados mortos por predação. O mesmo ocorreu com os ovos danificados que apresentaram apenas o córion. Ovos que sumiram após um evento de chuva foram considerados mortos por este fator. Com o auxílio de um pincel, os ovos não eclodidos foram retirados do campo e depositados em tubos de vidro (10cm de comprimento e 2cm Ø) contendo em seu interior um pedaço de algodão umedecido para manutenção da umidade. Os tubos foram fechados com um filme plástico de PVC perfurado para permitir ventilação. Estes tubos contendo os ovos foram levados para o laboratório para posterior análise. Após 30 dias da retirada dos ovos, foi contabilizado o número de ovos parasitados por *Trichogramma pretiosum* Riley. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Cada ovo de *T. absoluta* parasitado por *T. pretiosum* origina apenas um adulto do parasitóide (Gonsalves-Gervásio *et al.*, 2000). Os ovos que não emergiram parasitóides foram considerados mortos por inviabilidade.

Após a eclosão dos ovos no campo as larvas penetram nas folhas em 20 a 45 minutos (Coelho & França, 1987). Larvas de 1º instar que sumiram neste período sob a ocorrência de chuva foram consideradas mortas por este fator. O comprimento do corpo

e a largura da cápsula cefálica para o primeiro ínstar variam de 0,4-0,6mm e 0,16-0,18mm (Coelho & França, 1987; Haji *et al.*, 1988; Imenes *et al.*, 1990). Dessa forma, após a formação das minas, as larvas foram avaliadas no campo com o auxílio de uma lente de aumento de 10X. Larvas que sumiram e as minas estavam rasgadas foram consideradas predadas. As folhas destas parcelas foram retiradas e levadas para o laboratório no momento em que as larvas começaram a passar para o 2º ínstar. As larvas de 1º ínstar mortas nas folhas coletadas do campo foram dissecadas e analisadas sobre microscópio estereoscópico (aumento 40X). Larvas mortas que não apresentaram muda incompleta e sintomas de doenças foram consideradas mortas por fator desconhecido.

Larvas de 2º, 3º e 4º instares que estavam murchas no interior das minas sem a presença de água, ectoparasitóides, distúrbios na muda e sintomas de doenças, foram consideradas mortas por percevejos predadores. Os percevejos observados predando foram: *Orius* sp., *Lasiochilus* sp. (Heteroptera: Anthocoridae), *Annona bimaculata* Distant e *Hyaliodocoris insignis* (Stal.) (Heteroptera: Miridae). As larvas que se apresentaram doentes tiveram o fator de mortalidade classificado de acordo com os sintomas de doenças causadas por fungos ou bactérias descritos por Poinar & Thomas (1978) e Alves (1986). A mortalidade de larvas devido à predação por Vespidae, Chrysopidae, Staphylinidae: Oxypodini e Araneae foi observada diretamente no campo. O mesmo ocorreu para casos de ectoparasitismo através da evidência da parasilização da larva e da observação do ectoparasitóide sobre a mesma. A mortalidade das larvas pela ação da chuva é facilmente identificada no campo. Logo após uma ocorrência as minas enchem-se de água e a larva morta por afogamento fica presa entre as epidermes da folha assim que a água evapora.

As larvas de 1º, 2º, 3º e 4º instares vivas ao final de cada estágio foram transferidas para folíolos novos de tomate acondicionados no interior de potes plásticos de 500 mL. As tampas dos potes possuíam orifícios de 2cm<sup>2</sup> cobertos com organza para

permitir a ventilação. Os insetos foram mantidos no laboratório em condições de temperatura e umidade ambiente até o estágio adulto para a verificação da emergência de parasitóides e distúrbios fisiológicos. Os potes foram avaliados duas vezes por semana e nesta ocasião novos folíolos foram adicionados.

Os potes com areia e pupas, ao final do período que permaneceram no campo, foram coletados e levados para o laboratório para posterior análise. A areia foi peneirada para retirar as pupas remanescentes. Por diferença entre o número inicial e o restante de pupas obteve-se o número de pupas predadas. As pupas restantes foram colocadas em tubos de vidro da mesma forma como foi feito para os ovos não eclodidos. As pupas foram mantidas nos tubos por 30 dias até a emergência dos adultos ou de parasitóides. As pupas restantes foram classificadas como mortas por má formação ou chuva. A mortalidade por chuva foi estimada no laboratório. Para tanto, volumes diários de chuva ocorridos durante o período em que as pupas permaneceram no campo foram coletados através de um pluviômetro instalado na lavoura. Foi realizado um teste no laboratório com e sem a adição destes volumes de água a potes nas mesmas condições em que foram expostos no campo. A diferença de mortalidade foi atribuída à ação das chuvas e este percentual foi utilizado na estimativa da mortalidade das pupas remanescentes. O restante das pupas que não originaram adultos foi atribuído a má formação.

Os parasitóides de *T. absoluta* foram identificados pela Dra. Angélica Maria Penteadó Martins Dias da Universidade Federal de São Carlos, Brasil, os percevejos pelo Prof. Paulo Sérgio Fiuza Ferreira da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e os coleópteros pelo Dr. Ayr de Moura Bello. Exemplares de outros inimigos naturais foram coletados, montados e identificados no Museu de Entomologia da UFV.

## Construção e análise das tabelas de vida

Métodos padrões foram utilizados para a construção das tabelas de vida (Varley *et al.*, 1973; Southwood & Henderson, 2000). Para permitir comparações, a taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ) foi estimada através da divisão do número de ovos esperados na próxima geração (número de adultos sobreviventes da coorte original  $\times$  razão sexual  $\times$  fecundidade) pelo número original de ovos na coorte:

$$R_0 = \frac{(N^\circ \text{ adultos sobreviventes} \times rs \times f)}{N^\circ \text{ original de ovos}} \quad (1)$$

Foram consideradas uma razão sexual ( $rs$ ) de 0,5973 e fecundidade ( $f$ ) de 183 ovos/ fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999).

O número de insetos vivos no início de cada estágio ( $lx$ ) foi calculado através da equação 2:

$$lx = (lx - 1) - (dx - 1) \quad (2)$$

onde  $x$  ( $o$ ,  $l$ ,  $2$ ,  $3$ ,  $4$ ,  $p$ ,  $a$ ) representa os estádios de ovo, larvas de 1º, 2º, 3º e 4º ínstars, pupas e adultos, respectivamente,  $(lx - 1)$  e  $(dx - 1)$  representam  $lx$  e  $dx$  do estágio anterior e  $dx$  representa o número insetos mortos em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio. O  $l_0$  foi transformado para 10000.

Para ovos e larvas de 1º instar os valores de  $dx$  foram obtidos diretamente dos dados de campo. Para larvas de 2º, 3º e 4º ínstars e pupas,  $dx$  para os estádios ( $dx_e$ ) e para os fatores de mortalidade ( $dx_{fm}$ ) foram obtidos através das equações 3 e 4:

$$dx_e = \left[ \frac{dx(\text{campo})}{lx(\text{campo})} \right] \times lx \quad (3)$$

$$dx_{fm} = \left[ \frac{dx_{fm}(\text{campo})}{lx(\text{campo})} \right] \times lx \quad (4)$$

onde  $x$  ( $2$ ,  $3$ ,  $4$ ,  $p$ ) representa os estádios de larvas de 2º, 3º e 4º ínstars e pupas,  $[dx(\text{campo})/lx(\text{campo})]$  são valores obtidos diretamente no campo. Os outros componentes da fórmula ( $dx$  e  $lx$ ) foram descritos previamente.

Através da combinação de dados obtidos no campo e no laboratório, as mortalidades em cada estágio e as causadas por cada fator foram calculadas através das fórmulas 5 e 6:

$$100q_x = (dx/l_x) \times 100 \quad (5)$$

$$100r_x = (dx/l_0) \times 100 \quad (6)$$

onde  $100q_x$  representa a mortalidade aparente (%) e  $100r_x$  a mortalidade real ou acumulativa (%). Os outros componentes da fórmula ( $dx$ ,  $l_x$  e  $l_0$ ) foram descritos previamente.

A mortalidade causada por distúrbios fisiológicos, chuva, predação, parasitismo e doenças ocorreram de forma simultânea no campo. O conceito originalmente proposto por Royama (1981) e posteriormente adaptado por Buonaccorsi & Elkinton (1990) e Elkinton *et al.* (1992) foi utilizado para estimar a mortalidade marginal para cada fator baseado na mortalidade observada (p. ex. mortalidade aparente) dentro de um estágio específico. A mortalidade marginal calcula a mortalidade esperada de um fator como se este fosse o único fator atuante. Para cada fator de mortalidade foi assumido que existe um determinado tempo desde o início de sua ação até a morte devido àquele fator (Elkinton *et al.*, 1992). Alguns fatores como chuva e predação matam mais rapidamente e são facilmente observados. Outros fatores, no entanto, tais como distúrbios fisiológicos, parasitismo e doenças normalmente gastam mais tempo para matar. A mortalidade devido à chuva não foi obscurecida por qualquer outro fator e por isso sua mortalidade marginal foi considerada igual à mortalidade aparente. A mortalidade marginal de larvas de 2º instar por predação foi igual a mortalidade aparente, uma vez que não houve mortalidade por chuva neste instar.

Assumiu-se que a probabilidade de predação de larvas parasitadas e larvas não-parasitadas foi a mesma. Para os demais fatores de mortalidade, a mortalidade marginal  $MM_B$  (%) foi estimada através das equações padrão:

$$MM_B = \frac{100qx_B}{1 - cMM_A} \quad (7)$$

$$MM_A = \frac{b - ((b^2 - 4c \sum 100qx)^{1/2})}{2c} \quad (8)$$

$$b = c(\sum 100qx + 100qx_B) + 1 - 100qx_B \quad (9)$$

onde as letras  $A$  e  $B$  indicam fatores de mortalidade contemporâneos,  $100qx_B$  (%) é a mortalidade aparente do fator  $B$ ,  $\sum 100qx$  (%) é a soma das mortalidades aparentes de todos os outros fatores contemporâneos relevantes,  $c$  é um índice que descreve o resultado da competição entre os fatores de mortalidade  $A$  e  $B$ . A equação 8 é o resultado quadrático para  $MM_A$  (%). A probabilidade do fator  $A$  obscurecer o fator  $B$  é  $c$ , enquanto que a probabilidade do fator  $B$  obscurecer  $A$  é  $1-c$ . Para o presente propósito  $c=1$ , porque o fator  $A$ , como definido, sempre obscurece o fator  $B$  quando ambos atuam sobre o mesmo inseto. Assim, através de manipulação algébrica, a equação é simplificada para:

$$MM_B = \frac{100qx_B}{(1 - \sum 100qx/100)} \quad (10)$$

Para as análises subseqüentes a mortalidade foi expressa como valor- $k$ :

$$k = -\log(1 - MM_x/100) \quad (11)$$

onde  $MM_x$  é a mortalidade marginal (%) para um dado fator em um dado estágio de desenvolvimento.

O uso do valor  $k$  é conveniente porque ele é aditivo através dos estágios e dos fatores de mortalidade. O valor de  $k$  pode ser convertido para mortalidade marginal (%) por  $[1 - 10^{(-k)}] \times 100$ . A mortalidade total ( $K$ ) do estágio de desenvolvimento em questão pode ser obtido pelo somatório dos valores- $k$  ( $K = \sum k$ ).

A mortalidade insubstituível ou indispensável ( $MI$ ) consiste na porção da mortalidade total da geração que poderia não ocorrer se um dado fator de mortalidade



fosse eliminado (Southwood & Henderson, 2000). A mortalidade indispensável (%) foi estimada para cada fator de mortalidade e para cada estágio de desenvolvimento de acordo com Carey (1989) e Naranjo & Ellsworth (2005) através da fórmula 12:

$$MI_i = \left\{ \left[ 1 - \prod_i^j (1 - MM_i / 100) \right] - \left[ 1 - \prod_i^{j-1} (1 - MM_i / 100) \right] \right\} \times 100 \quad (12)$$

onde  $MM_i$  é a mortalidade marginal para o fator ou estágio  $i$ , e  $j$  é o número de todos os fatores de mortalidade ou estádios de desenvolvimento. O primeiro produto inclui todos os fatores ou estádios de mortalidade, enquanto o segundo produto inclui todos os fatores de mortalidade ou estádios exceto o fator ou estágio de interesse.

Este método não considera nenhuma compensação densidade-dependente na mortalidade. O efeito da mortalidade indispensável em  $R_0$  foi estimado através da relação entre  $R_0$  sem a mortalidade indispensável em questão e com todas as mortalidades através da equação:

$$AumentoR_0(Tx) = \frac{\left[ 1 - \frac{(MT - MI_i)}{100} \right] \times rs \times f}{R_0} \quad (13)$$

onde  $MT$  é a mortalidade total ao longo da geração. Outros componentes da fórmula ( $MI_i$ ,  $R_0$ ,  $rs$  e  $f$ ) foram descritos previamente.

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para testar os efeitos da estação, do ano e da interação ano  $\times$  estação na mortalidade dos estádios imaturos de *T. absoluta* (PROC MIXED; SAS Institute, 2002). Os pressupostos para análise de variância foram investigados utilizando-se os procedimentos univariate e qqplot (PROC UNIVARIATE; PROC GPLOT; SAS Institute, 2002).

Para a identificação dos estágios críticos e dos fatores chave de mortalidade foram realizadas análises de correlação entre as mortalidades parciais ( $k$ ) e a mortalidade total ( $K$ ) (Varley *et al.*, 1973). Adicionalmente a esta análise foi utilizado o método gráfico proposto por Varley & Gradwell (1960).

Foi considerado como estágio crítico de mortalidade aquele que apresentou correlação positiva e significativa ( $P < 0,10$ ) com a mortalidade total. Quando mais do que um estágio apresentou correlação positiva e significativa foram realizadas análises de regressão linear entre as mortalidades parciais destes estágios com a mortalidade total. Os estágios críticos mais importantes foram aqueles que apresentaram maior inclinação a  $P < 0,10$ . A diferença entre as inclinações foi verificada pelo intervalo de confiança a 90% de probabilidade. Os fatores chave de mortalidade foram determinados para os estágios críticos mais importantes através dos mesmos procedimentos utilizados para o estágio crítico (Podoler & Rogers, 1975).

## RESULTADOS

### **Variação sazonal da mortalidade de *T. absoluta***

Foi detectada, através da análise de variância, diferenças ( $P < 0,05$ ) entre as estações do ano ( $F_{3;472}=21,68$ ,  $P < 0,001$ ) e interação entre os anos  $\times$  estações ( $F_{3;472}=4,61$ ,  $P=0,004$ ). Entretanto, não houve diferenças em relação aos anos ( $F_{1;472}=0,36$ ,  $P=0,547$ ). Assim, o estudo dos fatores de mortalidade natural de *T. absoluta* foi realizado separadamente para os anos e estações ao longo do ano.

### **Caracterização da mortalidade de *T. absoluta* ao longo das estações**

As tabelas de vida para *T. absoluta* estão apresentadas separadamente nas tabelas de 1 a 8. Para cada tabela os valores representam a média de 10 tabelas de vida.

Durante o outono de 2004 e 2005 a mortalidade total dos estádios imaturos de *T. absoluta* foi em média 98,75% e 99,30%; sendo 39,2% e 46,9%; 18,3% e 21,3%; 12,1% e 10,5%; 13,0% e 15,4%; 8,0% e 3,7% e; 8,1% e 1,5% nas fases de ovo, larvas de 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes e pupa, respectivamente. Desta forma, apenas 125 (em 2004) e 70 (em 2005) insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5973 e fecundidade de 183 ovos/fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999), a

taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *T. absoluta* foi de 1,36 e 0,77 nesta estação nos anos de 2004 e 2005, respectivamente (Tabelas 1 e 2).

O desaparecimento de ovos foi associado à chuva ou predação por artrópodes. Também houve parasitismo por *Trichogramma pretiosum* e inviabilidade de ovos. Múltiplos fatores bióticos e abióticos de mortalidade afetaram o estágio larval de *T. absoluta*. Esses fatores incluíram: chuva, predação (predação de larvas de 1º instar, percevejos predadores e *Protonectarina sylveirae*), fatores fisiológicos (muda incompleta), parasitismo [*Bracon* sp. (2004 e 2005) e *Earinus* sp. (2005)], morte causada por fungo, bactéria (2004) e por fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa foram devidas a chuva, predação, fatores fisiológicos (má formação) e parasitismo [*Pseudapanteles* sp. e *Conura* sp. (2005)] (Tabelas 1 e 2). Hymenoptera: Formicidae foram observados predando pupas de *T. absoluta*.

Os fatores com maiores mortalidades marginais ( $MM$ ) no estágio de ovo foram predação (30,6%) em 2004 e *T. pretiosum* (23,6%) e inviabilidade (22,1%) em 2005. Para o estágio larval, nos anos de 2004 e 2005, esta mortalidade foi maior para predação em larvas de 1º instar (25,2% e 33,2%), percevejos predadores em larvas de 2º instar (21,0% e 21,6%) e *P. sylveirae* no 3º (27,8% e 48,3%) e 4º (32,0% e 22,7%) instares, respectivamente. Adicionalmente no ano de 2005, elevadas  $MM$  causadas pelo parasitóide *Bracon* sp. foram observadas no 3º (40,2%) e 4º (43,8%) instares. No estágio de pupa, nos anos de 2004 e 2005, os fatores com as maiores  $MM$  foram predação (75,2% e 45,9%) e má formação (40,0% e 38,3%), respectivamente (Tabelas 1 e 2).

Caso as mortalidades durante os estádios de pupa (8,416%) em 2004 e de larva de 3º instar (1,960%) em 2005 fossem eliminadas do sistema e não houvesse nenhuma compensação nas mortalidades devido à ocorrência de outros fatores, haveria um aumento de 7,75 e 3,80 no crescimento populacional ( $R_0$ ) de *T. absoluta*,

respectivamente. Da mesma forma, se fossem eliminadas a predação de pupas (3,918%) em 2004 e predação por *P. sylveirae* (1,079%) ao longo de todo o ciclo de vida em 2005, haveria um aumento de 4,14 e 2,54 no crescimento populacional ( $R_0$ ), respectivamente (Tabelas 1 e 2).

Durante o inverno de 2004 e 2005 a mortalidade total dos estádios imaturos de *T. absoluta* foi em media 95,80% e 98,98%; sendo 48,1% e 49,7%; 10,1% e 12,0%; 13,3% e 6,5%; 8,8% e 16,1%; 4,0% e 11,2% e; 11,4% e 3,4% nas fases de ovo, larvas de 1º, 2º, 3º e 4º instares e pupa, respectivamente. Desta forma, apenas 420 (em 2004) e 102 (em 2005) insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5973 e fecundidade de 183 ovos/fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999), a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *T. absoluta* foi de 4,59 e 1,11 nesta estação nos anos de 2004 e 2005, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

O desaparecimento de ovos foi associado à predação por artrópodes. Também houve parasitismo por *T. pretiosum* e inviabilidade de ovos. Múltiplos fatores bióticos e abióticos de mortalidade afetaram o estágio larval de *T. absoluta*. Esses fatores incluíram: predação [predação de larvas de 1º instar, percevejos predadores, *Protonectarina sylveirae* e Staphylinidae: Oxypodini (2005)], fatores fisiológicos (muda incompleta), parasitismo [*Bracon* sp. e *Earinus* sp. (2004)], morte causada por bactéria (2005) e por fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa foram devidas a predação, fatores fisiológicos (má formação) e parasitismo [*Pseudapanteles* sp. (2004)] (Tabelas 3 e 4).

Os fatores com maiores mortalidades marginais ( $MM$ ) no estágio de ovo foram predação (21,6%) em 2004 e inviabilidade (28,0%) em 2005. Para o estágio larval, nos anos de 2004 e 2005, esta mortalidade foi maior para predação em larvas de 1º instar (18,1% e 20,3%), percevejos predadores em larvas de 2º instar (31,3% e 15,8%) e *Bracon* sp. no 3º (24,5% e 48,1%) e 4º (16,0% e 70,6%) instares, respectivamente. No

estádio de pupa, nos anos de 2004 e 2005, os fatores com as maiores *MM* foram predação (45,9% e 61,7%) e má formação (46,9% e 40,4%), respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Caso as mortalidades, nos anos de 2004 e 2005, durante os estádios de pupa (11,689% e 3,571%) fossem eliminadas do sistema e não houvesse nenhuma compensação nas mortalidades devido à ocorrência de outros fatores, haveria um aumento de 3,78 e 4,50 no crescimento populacional ( $R_0$ ) de *T. absoluta*, respectivamente. Da mesma forma, se fossem eliminadas a má formação de pupas (3,972%) em 2004 e o parasitismo por *Bracon* sp. (3,511%) ao longo de todo o ciclo de vida em 2005, haveria um aumento de 1,90 e 4,44 no crescimento populacional ( $R_0$ ), respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Durante a primavera de 2004 e 2005 a mortalidade total dos estádios imaturos de *T. absoluta* foi em média 99,9997% e 99,903%; sendo 39,8% e 31,5%; 25,0% e 24,3%; 29,0% e 13,2%; 6,1% e 25,4%; 0,1% e 5,2% e; 0,001% e 0,3% nas fases de ovo, larvas de 1º, 2º, 3º e 4º instares e pupa, respectivamente. Desta forma, apenas 0,032 (em 2004) e 9,7 (em 2005) insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5973 e fecundidade de 183 ovos/fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999), a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *T. absoluta* foi de 0,00035 e 0,107 nesta estação nos anos de 2004 e 2005, respectivamente (Tabelas 5 e 6).

O desaparecimento de ovos foi associado à chuva ou predação por artrópodes. Também houve parasitismo por *T. pretiosum* e inviabilidade de ovos. Múltiplos fatores bióticos e abióticos de mortalidade afetaram o estágio larval de *T. absoluta*. Esses fatores incluíram: chuva, predação [predação de larvas de 1º instar, percevejos predadores, *P. sylveirae*, *Brachygastra lecheguana* (2005) e larvas de Chrysopidae (2004)], fatores fisiológicos (muda incompleta), parasitismo [*Bracon* sp. e *Earinus* sp. (2004)], morte causada fungo e por fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio

de pupa foram devidas a chuva, predação e fatores fisiológicos (má formação) (Tabelas 5 e 6).

Os fatores com maiores mortalidades marginais (*MM*) no estágio de ovo foram predação (24,1%) em 2004 e chuva (16,1%) e predação (12,1%) em 2005. Para o estágio larval, esta mortalidade foi maior para predação em larvas de 1º instar (37,7% e 30,7%) em 2004 e 2005, percevejos predadores em larvas de 2º instar (15,1%) em 2005 e *P. sylveirae* no 2º (69,7% e 13,6%), 3º (97,8% e 78,7%) e 4º (98,8% e 89,7%) instares em 2004 e 2005, respectivamente. No estágio de pupa, nos anos de 2004 e 2005, os fatores com as maiores *MM* foram predação (52,9% e 60,5%) e má formação (37,7% e 31,1%), respectivamente (Tabelas 5 e 6).

Caso as mortalidades, nos anos de 2004 e 2005, durante o estágio de larva de 4º instar (0,048% e 1,395%) fossem eliminadas do sistema e não houvesse nenhuma compensação nas mortalidades devido à ocorrência de outros fatores, haveria um aumento de 149,19 e 15,31 no crescimento populacional ( $R_0$ ) de *T. absoluta*, respectivamente. Da mesma forma, se fosse eliminada a predação por *P. sylveirae* (0,064% e 1,317%) ao longo de todo o ciclo de vida, nos anos de 2004 e 2005, haveria um aumento de 196,83 e 14,51 no crescimento populacional ( $R_0$ ), respectivamente (Tabelas 5 e 6).

Durante o verão de 2005 e 2006 a mortalidade total dos estádios imaturos de *T. absoluta* foi em média 99,987% e 99,98%; sendo 33,0% e 22,0%; 17,4% e 51,2%; 32,9% e 9,1%; 15,6% e 15,2%; 1,0% e 2,2% e; 0,05% e 0,2% nas fases de ovo, larvas de 1º, 2º, 3º e 4º instares e pupa, respectivamente. Desta forma, apenas 1,3 (em 2005) e 2,4 (em 2006) insetos adultos emergiram de um total de 10.000 indivíduos. Considerando-se a razão sexual de 0,5973 e fecundidade de 183 ovos/fêmea (Mihsfeldt & Parra, 1999), a taxa líquida reprodutiva ( $R_0$ ) de *T. absoluta* foi de 0,014 e 0,027 nesta estação nos anos de 2004 e 2005, respectivamente (Tabelas 7 e 8).

O desaparecimento de ovos foi associado à chuva ou predação por artrópodes. Também houve parasitismo por *T. pretiosum* e inviabilidade de ovos. Múltiplos fatores bióticos e abióticos de mortalidade afetaram o estágio larval de *T. absoluta*. Esses fatores incluíram: chuva, predação [predação de larvas de 1º instar, percevejos predadores, *P. sylveirae*, *B. lecheguana*, *Polybia scutellaris* (2006) e Araneae (2006)], fatores fisiológicos (muda incompleta), parasitismo (*Bracon* sp. e *Earinus* sp.), morte causada por fungo, bactéria (2005) e por fatores desconhecidos. As mortalidades do estágio de pupa foram devidas a chuva, predação e fatores fisiológicos (má formação) (Tabelas 7 e 8).

Os fatores com maiores mortalidades marginais (*MM*) no estágio de ovo foram chuva (15,4%) e inviabilidade (11,7%) em 2005 e predação (15,8%) em 2006. Para o estágio larval esta mortalidade foi maior para predação em larvas de 1º instar (19,6% e 58,4%) em 2005 e 2006, percevejos predadores em larvas de 2º instar (27,1%) em 2006 e *P. sylveirae* no 2º (60,4%) em 2005, 3º (90,6% e 69,3%) e 4º (89,5% e 71,1%) instares, respectivamente. Adicionalmente no ano de 2006, elevadas *MM* causadas pela chuva (38,4%) e pelo parasitóide *Bracon* sp. (48,9%) foram observadas no 3º e 4º instares, respectivamente. No estágio de pupa, nos anos de 2005 e 2006, os fatores com as maiores *MM* foram predação (45,0% e 56,5%) e má formação (57,7% e 65,2%), respectivamente (Tabelas 7 e 8).

Caso as mortalidades durante o estágio de larva de 3º instar (0,233%) em 2005 e de larva 4º instar (0,319) em 2006 fossem eliminadas do sistema e não houvesse nenhuma compensação nas mortalidades devido à ocorrência de outros fatores, haveria um aumento de 19,48 e 14,13 no crescimento populacional ( $R_0$ ) de *T. absoluta*, respectivamente. Da mesma forma, se fosse eliminada a predação por *P. sylveirae* (0,330% e 0,168%) ao longo de todo o ciclo de vida, nos anos de 2005 e 2006, haveria



um aumento de 27,16 e 7,93 no crescimento populacional ( $R_0$ ), respectivamente (Tabelas 7 e 8).

### **Estádios críticos de mortalidade de *T. absoluta***

Em outubro, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* nos estádios de larva e pupa (2004 e 2005) foram as que apresentaram maiores semelhanças com as curvas de mortalidade total deste inseto, conforme indicado pelos coeficientes de correlação ( $r$ ) positivos e significativos (Figura 1A). Os coeficientes angulares ( $b$ ) das curvas de mortalidade parcial de *T. absoluta* nos estádios de larva e pupa foram semelhantes em 2004, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 90% de probabilidade (Figura 1A). Já em 2005, o coeficiente angular da curva de larva foi significativamente maior do que o da curva de pupa (Figura 1A). Em 2004, as curvas de mortalidade de larvas de 1º, 2º e 3º ínstars foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto, conforme indicado pelos coeficientes de correlação ( $r$ ) positivos e significativos (Figura 2A). Os coeficientes angulares ( $b$ ) das curvas de mortalidade parcial de larvas de 2º e 3º ínstars foram semelhantes e superiores ao de larvas de 1º instar, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 90% de probabilidade (Figura 2A). Em 2005, as curvas de mortalidade de larvas de 3º e 4º ínstars foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2A). Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade parcial de larvas de 3º e 4º ínstars foram semelhantes (Figura 2A). Portanto, os estádios críticos de mortalidade de *T. absoluta* no outono foram os estádios de pupa, larvas de 2º e 3º ínstars (2004) e larvas de 3º instar (2005).

No inverno, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* nos estádios de ovo e larva (2004) e larva (2005) foram as que apresentaram maiores semelhanças com as curvas de mortalidade total deste inseto (Figura 1B). Os coeficientes angulares das curvas de

mortalidade parcial de *T. absoluta* nos estádios de ovo e larva foram semelhantes em 2004 (Figura 1B). Em 2004, as curvas de mortalidade de larvas de 1º, 3º e 4º ínstaes foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2B). O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial de larvas de 3º ínstar foi superior aos de larvas de 1º e 4º ínstaes (Figura 2B). Em 2005, as curvas de mortalidade de larvas de 3º e 4º ínstaes foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2B). O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial de larvas de 4º ínstar foi superior ao de larvas de 3º ínstar (Figura 2B). Portanto, os estádios críticos de mortalidade de *T. absoluta* no inverno foram os estádios de ovo, larvas de 3º ínstar (2004) e larvas de 4º ínstar (2005).

Na primavera, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* nos estádios de ovo e larva (2004) e larva e pupa (2005) foram as que apresentaram maiores semelhanças com as curvas de mortalidade total deste inseto (Figura 1C). Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade parcial de *T. absoluta* nos estádios de larva foram superiores aos de ovo (2004) e pupa (2005) (Figura 1C). Em 2004, as curvas de mortalidade de larvas de 2º, 3º e 4º ínstaes foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2C). Os coeficientes angulares isolados de larvas de 2º, 3º e 4º ínstaes não foram significativos, no entanto, a combinação entre a mortalidade conjunta de larvas de 2º e 3º, 2º e 4º e 3º e 4º ínstaes foram significativos e semelhantes (Figura 2C). Em 2005, as curvas de mortalidade de larvas de 3º e 4º ínstaes foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2C). Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade parcial de larvas de 3º e 4º ínstaes foram semelhantes (Figura 2C). Portanto, os estádios críticos de mortalidade de *T. absoluta* na primavera foram os estádios de larvas de 2º, 3º e 4º ínstaes (2004) e larvas de 3º e 4º ínstaes (2005).

No verão, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* nos estádios de larva e pupa (2005) e larva (2006) foram as que apresentaram maiores semelhanças com as curvas de mortalidade total deste inseto (Figura 1D). O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial de *T. absoluta* no estágio larva foi superior ao do estágio de pupa em 2005 (Figura 1D). Em 2005, as curvas de mortalidade de larvas de 2º, 3º e 4º instares foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2D). Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade parcial de larvas de 2º, 3º e 4º instares foram semelhantes (Figura 2D). Em 2005, as curvas de mortalidade de larvas de 1º, 2º e 3º instares foram as que apresentaram maiores semelhanças com a curva de mortalidade total deste inseto (Figura 2D). O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial de larvas de 3º instar foi superior aos de larvas de 3º e 4º instares (Figura 2D). Portanto, os estádios críticos de mortalidade de *T. absoluta* no verão foram os estádios de larvas de 2º, 3º e 4º instares (2005) e larvas de 3º instar (2006).

#### **Fatores chave de mortalidade de *T. absoluta***

No outono de 2004, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por percevejos predadores e *P. sylveirae* foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 2º instar larval, conforme indicado pelos coeficientes de correlação ( $r$ ) positivos e significativos (Tabela 9). Os coeficientes angulares ( $b$ ) positivos e significativos das curvas de mortalidade parcial causada por percevejos predadores e *P. sylveirae* foram semelhantes, conforme indicado pelo intervalo de confiança a 90% de probabilidade (Tabela 9). As curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por chuva e *P. sylveirae* foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 3º instar larval. O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial causada por *P. sylveirae* foi superior ao da curva de chuva

(Tabela 9). As curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por predação e má formação foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no estágio de pupa. Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade parcial causada por predação e má formação foram semelhantes (Tabela 9). Portanto, os fatores chave de mortalidade de *T. absoluta* no outono de 2004 foram predação de larvas de 2º instar por percevejos predadores, predação de larvas de 2º e 3º instar por *P. sylveirae* e predação e má formação de pupas.

No outono de 2005, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por *P. sylveirae* e *Bracon* sp. foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 3º instar larval. Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade parcial causada por *P. sylveirae* e *Bracon* sp. foram semelhantes (Tabela 9). As curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por chuva, *P. sylveirae* e *Bracon* sp. foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 4º instar larval. O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial causada por *Bracon* sp. foi superior aos das curvas de chuva e *P. sylveirae* (Tabela 9). Portanto, os fatores chave de mortalidade de *T. absoluta* no outono de 2005 foram predação de larvas de 3º instar por *P. sylveirae* e parasitismo de larvas de 3º e 4º instar por *Bracon* sp.

No inverno de 2004, a curva de mortalidade de *T. absoluta* causada por inviabilidade foi a que apresentou a maior similaridade com a mortalidade total no estágio de ovo (Tabela 10). As curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por *P. sylveirae* e *Bracon* sp. foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 3º instar larval. O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial causada por *Bracon* sp. foi superior ao da curva de *P. sylveirae* (Tabela 10). Portanto, os fatores chave de mortalidade de *T. absoluta* no inverno de 2004 foram inviabilidade de ovos e parasitismo de larvas de 3º instar por *Bracon* sp.

No inverno de 2005, a curva de mortalidade de *T. absoluta* causada por *Bracon* sp. foi a que apresentou a maior similaridade com a mortalidade total no 4º instar larval (Tabela 10). Portanto, o fator chave de mortalidade de *T. absoluta* no inverno de 2005 foi o parasitismo de larvas de 4º instar por *Bracon* sp.

Na primavera de 2004, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* causada por *P. sylveirae* foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 2º e 3º instares larvais (Tabela 11). As curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por chuva, *P. sylveirae* e *Bracon* sp. foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 4º instar larval. O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial causada por *P. sylveirae* foi superior aos das curvas de chuva e *Bracon* sp. (Tabela 11). Portanto, o fator chave de mortalidade de *T. absoluta* na primavera de 2004 foi a predação de larvas de 2º, 3º e 4º instares por *P. sylveirae*.

Na primavera de 2005, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* causada por *P. sylveirae* foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 3º e 4º instares larvais (Tabela 11). Portanto, o fator chave de mortalidade de *T. absoluta* na primavera de 2005 foi a predação de larvas de 3º e 4º instares por *P. sylveirae*.

No verão de 2005, as curvas de mortalidade de *T. absoluta* causada por *P. sylveirae* foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 2º e 3º instares larvais (Tabela 12). As curvas de mortalidade de *T. absoluta* causadas por chuva e *P. sylveirae* foram as que apresentaram as maiores similaridades com a mortalidade total no 4º instar larval. O coeficiente angular da curva de mortalidade parcial causada por *P. sylveirae* foi superior ao da curva de chuva (Tabela 12). Portanto, o fator chave de mortalidade de *T. absoluta* no verão de 2005 foi a predação de larvas de 2º, 3º e 4º instares por *P. sylveirae*.

No verão de 2006, a curva de mortalidade de *T. absoluta* causada por *P. sylveirae* foi a que apresentou a maior similaridade com a mortalidade total no 3º instar larval (Tabela 12). Portanto, o fator chave de mortalidade de *T. absoluta* no verão de 2006 foi a predação de larvas de 3º instar por *P. sylveirae*.

Tabela 1. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em outono de 2004. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	3916±355	39,2	39,2	(0,216)	0,830 (1,67)
Chuva		163±56	1,6	1,6	1,6 (0,007)	0,021 (1,02)
Predação		3012±285	30,1	30,1	30,6 (0,159)	0,569 (1,46)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		330±96	3,3	3,3	4,8 (0,022)	0,066 (1,05)
Inviabilidade		411±77	4,1	4,1	6,3 (0,028)	0,087 (1,07)
Larva de 1º instar	6084±355	1833±335	30,1	18,3	(0,156)	0,556 (1,45)
Chuva		23±14	0,4	0,2	0,4 (0,002)	0,005 (1,004)
Predação		1525±280	25,1	15,3	25,2 (0,126)	0,433 (1,35)
Desconhecido		284±71	4,7	2,8	6,3 (0,028)	0,086 (1,07)
Larva de 2º instar	4251±453	1209±288	28,4	12,1	(0,139)	0,488 (1,39)
Percevejos predadores		892±228	21,0	8,9	21,0 (0,102)	0,342 (1,27)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		208±208	4,9	2,1	4,9 (0,022)	0,066 (1,05)
Muda incompleta		47±32	1,1	0,5	1,5 (0,007)	0,019 (1,02)
Fungo		63±63	1,5	0,6	2,0 (0,009)	0,026 (1,02)
Larva de 3º instar	3042±370	1298±156	42,7	13,0	(0,237)	0,938 (1,75)
Chuva		22±22	0,7	0,2	0,7 (0,003)	0,010 (1,01)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		839±191	27,6	8,4	27,8 (0,141)	0,496 (1,40)
Muda incompleta		108±48	3,5	1,1	4,9 (0,022)	0,067 (1,05)
Bactéria		12±12	0,4	0,1	0,6 (0,003)	0,008 (1,01)
<i>Bracon</i> sp.		317±111	10,4	3,2	14,5 (0,068)	0,219 (1,18)
Larva de 4º instar	1743±312	804±147	46,1	8,0	(0,265)	1,082 (1,87)
Chuva		63±28	3,6	0,6	3,6 (0,016)	0,048 (1,04)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		538±130	30,9	5,4	32,0 (0,168)	0,608 (1,49)
Muda incompleta		36±19	2,0	0,4	3,1 (0,014)	0,041 (1,03)
Fungo		48±21	2,8	0,5	4,3 (0,019)	0,058 (1,05)
<i>Bracon</i> sp.		120±51	6,9	1,2	10,5 (0,048)	0,151 (1,12)
Pupa	939±197	814±185	86,7	8,1	(0,877)	8,416 (7,75)
Chuva		20±20	2,2	0,2	2,2 (0,010)	0,029 (1,02)
Predação		691±172	73,6	6,9	75,2 (0,606)	3,918 (4,14)
Má formação		91±31	9,7	0,9	40,0 (0,222)	0,859 (1,69)
<i>Pseudapanteles</i> sp.		12±6	1,3	0,1	8,6 (0,039)	0,122 (1,10)
Adultos	125±27					

Mortalidade total = 98,75

$R_0 = 1,36$

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

Tabela 2. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em outono de 2005. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	4687±720	46,9	46,9	(0,275)	0,707 (2,01)
Chuva		97±74	1,0	1,0	1,0 (0,004)	0,008 (1,01)
Predação		972±316	9,7	9,7	9,8 (0,045)	0,087 (1,12)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		2107±581	21,1	21,1	23,6 (0,117)	0,247 (1,35)
Inviabilidade		1511±323	15,1	15,1	22,1 (0,109)	0,228 (1,33)
Larva de 1º instar	5313±720	2128±509	40,1	21,3	(0,222)	0,536 (1,76)
Chuva		79±43	1,5	0,8	1,5 (0,006)	0,012 (1,02)
Predação		1737±478	32,7	17,4	33,2 (0,175)	0,398 (1,57)
Desconhecido		312±195	5,9	3,1	8,9 (0,041)	0,079 (1,11)
Larva de 2º instar	3184±431	1052±244	33,0	10,5	(0,160)	0,356(1,51)
Percevejos predadores		687±141	21,6	6,9	21,6 (0,106)	0,221 (1,31)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		336±161	10,6	3,4	10,6 (0,048)	0,095 (1,14)
Fungo		28±28	0,9	0,3	1,3 (0,006)	0,011 (1,02)
Larva de 3º instar	2133±372	1544±385	72,4	15,4	(0,537)	1,960 (3,80)
Chuva		18±18	0,9	0,2	0,9 (0,004)	0,007 (1,01)
Percevejos predadores		88±45	4,1	0,9	4,1 (0,018)	0,035 (1,05)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		1021±372	47,9	10,2	48,3 (0,287)	0,749 (2,07)
Muda incompleta		11±11	0,5	0,1	1,1 (0,005)	0,009 (1,01)
<i>Bracon</i> sp.		405±112	19,0	4,0	40,2 (0,224)	0,540 (1,77)
Larva de 4º instar	589±176	370±132	62,8	3,7	(0,407)	1,242 (2,77)
Chuva		1,9±1,9	0,3	0,02	0,3 (0,001)	0,003 (1,004)
Percevejos predadores		31±18	5,3	0,3	5,3 (0,024)	0,045 (1,06)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		134±98	22,7	1,3	22,7 (0,112)	0,236 (1,34)
Muda incompleta		16,4±15	2,8	0,2	3,9 (0,017)	0,032 (1,05)
Fungo		1,1±1,0	0,2	0,01	0,3 (0,001)	0,002 (1,004)
<i>Bracon</i> sp.		185±51	31,4	1,9	43,8 (0,250)	0,624 (1,89)
<i>Earinus</i> sp.		0,8±0,8	0,1	0,01	0,2 (0,001)	0,002 (1,002)
Pupa	219±31	149±40	68,1	1,5	(0,496)	1,707 (3,44)
Chuva		4,8±4,4	2,2	0,05	2,2 (0,010)	0,018 (1,03)
Predação		98±30	44,9	1,0	45,9 (0,267)	0,679 (1,97)
Má formação		44±13	20,2	0,4	38,3 (0,209)	0,496 (1,71)
<i>Pseudapanteles</i> sp.		1,6±1,6	0,7	0,02	2,2 (0,010)	0,018 (1,03)
<i>Conura</i> sp.		0,1±0,1	0,001	0,001	0,1 (0,0004)	0,001 (1,001)
Adultos	70±32					

Mortalidade total = 99,30

$R_0 = 0,77$

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.



Tabela 3. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em inverno de 2004. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	4810±453	48,1	48,1	(0,285)	3,982 (1,95)
Predação		2156±439	21,6	21,6	21,6 (0,105)	1,181 (1,28)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		1395±335	13,9	13,9	17,8 (0,085)	0,929 (1,22)
Inviabilidade		1259±191	12,6	12,6	19,5 (0,094)	1,043 (1,25)
Larva de 1º instar	5190±453	1010±217	19,5	10,1	(0,094)	1,038 (1,25)
Predação		942±195	18,1	9,4	18,1 (0,087)	0,953 (1,23)
Desconhecido		68±27	1,3	0,7	1,6 (0,007)	0,070 (1,02)
Larva de 2º instar	4180±465	1333±130	31,9	13,3	(0,167)	2,011 (1,48)
Percevejos predadores		1309±135	31,3	13,1	31,3 (0,163)	1,960 (1,47)
Muda incompleta		23±23	0,6	0,2	0,8 (0,004)	0,035 (1,01)
Larva de 3º instar	2847±369	884±157	31,0	8,8	(0,155)	1,844 (1,44)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		91±50,4	3,2	0,9	3,2 (0,014)	0,142 (1,03)
Muda incompleta		111±94	3,9	1,1	4,0 (0,018)	0,180 (1,04)
<i>Bracon</i> sp.		675±139	23,7	6,8	24,5 (0,122)	1,394 (1,33)
<i>Earinus</i> sp.		6,7±6,7	0,2	0,1	0,3 (0,001)	0,011 (1,003)
Larva de 4º instar	1964±322	401±60	20,4	4,0	(0,096)	1,058 (1,25)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		8,9±8,9	0,5	0,1	0,5 (0,002)	0,020 (1,005)
Muda incompleta		33,2±22,2	1,7	0,3	1,7 (0,007)	0,074 (1,02)
<i>Bracon</i> sp.		313±41,1	16,0	3,1	16,0 (0,076)	0,820 (1,20)
<i>Earinus</i> sp.		45±24	2,3	0,5	2,4 (0,010)	0,104 (1,02)
Pupa	1563±274	1143±222	73,1	11,4	(0,571)	11,689 (3,78)
Predação		718±152	45,9	7,2	45,9 (0,267)	3,647 (1,87)
Má formação		396±134	25,4	4,0	46,9 (0,275)	3,972 (1,90)
<i>Pseudapanteles</i> sp.		29±20	1,9	0,3	6,5 (0,029)	0,296 (1,07)
Adultos	420±74					
Mortalidade total = 95,80						
$R_0 = 4,59$						

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

Tabela 4. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em inverno de 2005 Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	4971±505	49,7	49,7	(0,299)	1,043 (2,02)
Predação		1408±299	14,1	14,1	14,1 (0,066)	0,173 (1,17)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		1610±370	16,1	16,1	18,7 (0,090)	0,243 (1,24)
Inviabilidade		1953±309	19,5	19,5	28,0 (0,142)	0,410 (1,40)
Larva de 1º instar	5029±505	1200±298	23,9	12,0	(0,118)	0,331 (1,32)
Predação		1019±222	20,3	10,2	20,3 (0,098)	0,268 (1,26)
Desconhecido		182±102	3,6	1,8	4,5 (0,020)	0,050 (1,05)
Larva de 2º instar	3829±478	647±200	16,9	6,5	(0,080)	0,215 (1,21)
Percevejos predadores		605±179	15,8	6,1	15,8 (0,075)	0,198 (1,19)
Muda incompleta		28,8±28,8	0,8	0,3	0,9 (0,004)	0,009 (1,01)
Bactéria		13±13	0,3	0,1	0,4 (0,002)	0,004 (1,004)
Larva de 3º instar	3182±414	1611±341	50,6	16,1	(0,298)	1,040 (2,02)
Percevejos predadores		18,2±18,2	0,6	0,2	0,6 (0,002)	0,006 (1,01)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		10,7±1,1	0,3	0,1	0,3 (0,001)	0,004 (1,003)
Bactéria		65±54	2,1	0,7	2,1 (0,009)	0,022 (1,02)
<i>Bracon</i> sp.		1517±366	47,7	15,2	48,1 (0,285)	0,979 (1,96)
Larva de 4º instar	1571±226	1124±150	71,6	11,2	(0,540)	2,061 (3,55)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		7,8±7,8	0,5	0,1	0,5 (0,002)	0,005 (1,01)
Staphylinidae: Oxypodini		12,4±12,4	0,8	0,1	0,8 (0,003)	0,008 (1,01)
Bactéria		9,4±9,4	0,6	0,1	0,6 (0,003)	0,006 (1,01)
<i>Bracon</i> sp.		1094±146	69,7	10,9	70,6 (0,531)	2,532 (3,48)
Pupa	447±114	345±100	77,2	3,4	(0,642)	3,571 (4,50)
Predação		276±87	61,7	2,8	61,7 (0,417)	1,703 (2,67)
Má formação		69±18	15,5	0,7	40,4 (0,225)	0,715 (1,70)
Adultos	102±24					
Mortalidade total = 98,98						
$R_0 = 1,11$						

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

Tabela 5. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em primavera de 2004 Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	3978±406	39,8	39,8	(0,220)	0,00032 (1,99)
Chuva		239±52	2,4	2,4	2,4 (0,011)	0,00001 (1,04)
Predação		2356±366	23,6	23,6	24,1 (0,120)	0,00016 (1,48)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		459±174	4,6	4,6	6,2 (0,028)	0,00003 (1,10)
Inviabilidade		924±230	9,2	9,2	13,3 (0,062)	0,00007 (1,23)
Larva de 1º instar	6022±406	2500±375	41,5	25,0	(0,233)	0,00035 (2,07)
Chuva		189±53	3,1	1,9	3,1 (0,014)	0,00002 (1,05)
Predação		2201±326	36,6	22,0	37,7 (0,206)	0,00030 (1,91)
Desconhecido		109±45,6	1,8	1,1	3,0 (0,013)	0,00002 (1,05)
Larva de 2º instar	3522±594	2898±520	82,3	29,0	(0,576)	0,00135 (5,16)
Percevejos predadores		392±116	11,1	3,9	11,1 (0,051)	0,00006 (1,19)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		2454±504	69,7	24,5	69,7 (0,518)	0,00112 (4,46)
Chysopidae		51±51	1,5	0,5	1,5 (0,006)	0,00001 (1,02)
Larva de 3º instar	624±193	612±187	98,1	6,1	(1,711)	0,02459 (76,81)
Chuva		39,6±13,3	6,3	0,4	6,3 (0,028)	0,00003 (1,10)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		571±175	91,5	5,7	97,8 (1,648)	0,02119 (66,32)
Muda incompleta		0,64±0,50	0,1	0,01	4,9 (0,022)	0,00003 (1,08)
<i>Bracon</i> sp.		0,39±0,39	0,1	0,004	3,0 (0,013)	0,00001 (1,05)
Larva de 4º instar	12,1±7,5	12,0±7,4	99,0	0,1	(1,998)	0,04808 (149,19)
Chuva		0,71±0,27	5,8	0,01	5,8 (0,026)	0,00003 (1,09)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		11,3±7,2	93,1	0,1	98,8 (1,932)	0,04122 (128,05)
Fungo		0,003±0,003	0,03	0,0003	2,4 (0,010)	0,00001 (1,04)
<i>Bracon</i> sp.		0,006±0,005	0,1	0,0001	5,9 (0,027)	0,00003 (1,09)
<i>Earinus</i> sp.		0,001±0,001	0,001	0,00001	0,7 (0,003)	0,000003 (1,01)
Pupa	0,121±0,078	0,089±0,059	73,3	0,001	(0,573)	0,00134 (5,13)
Chuva		0,011±0,008	9,1	0,0001	9,1 (0,041)	0,00005 (1,15)
Predação		0,058±0,040	48,0	0,001	52,9 (0,327)	0,00055 (2,69)
Má formação		0,020±0,012	16,1	0,0002	37,7 (0,205)	0,00029 (1,91)
Adultos	0,032±0,019					
Mortalidade total = 99,9997						
$R_0 = 0,00035$						

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

Tabela 6. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em primavera de 2005 Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	3147±407	31,5	31,5	(0,164)	0,048 (1,49)
Chuva		1613±228	16,1	16,1	16,1 (0,076)	0,020 (1,21)
Predação		1018±260	10,2	10,2	12,1 (0,056)	0,014 (1,15)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		70±45,7	0,7	0,7	0,9 (0,004)	0,001 (1,01)
Inviabilidade		447±70	4,5	4,5	6,1 (0,027)	0,007 (1,07)
Larva de 1º instar	6853±407	2431±249	35,5	24,3	(0,190)	0,058 (1,59)
Chuva		339±55	4,9	3,4	4,9 (0,022)	0,005 (1,06)
Predação		2002±203	29,2	20,0	30,7 (0,159)	0,046 (1,48)
Desconhecido		90±28,2	1,3	0,9	2,0 (0,009)	0,002 (1,02)
Larva de 2º instar	4421±322	1324±361	30,0	13,2	(0,142)	0,041 (1,42)
Percevejos predadores		666±169	15,1	6,7	15,1 (0,071)	0,019 (1,19)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		601±402	13,6	6,0	13,6 (0,063)	0,016 (1,17)
Muda incompleta		57±39,2	1,3	0,6	1,8 (0,008)	0,002 (1,02)
Larva de 3º instar	3097±414	2543±398	82,1	25,4	(0,737)	0,467 (5,79)
Chuva		175±53	5,7	1,8	5,7 (0,025)	0,006 (1,06)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		2299±384	74,2	23,0	78,7 (0,672)	0,387 (4,97)
<i>Brachygastra lecheguana</i>		17,1±17,1	0,6	0,2	0,6 (0,003)	0,001 (1,01)
Muda incompleta		7,1±7,1	0,2	0,1	1,2 (0,005)	0,001 (1,01)
Fungo		14,6±14,6	0,5	0,1	2,4 (0,011)	0,003 (1,03)
<i>Bracon</i> sp.		29,4±16,3	0,9	0,3	4,9 (0,022)	0,005 (1,05)
Larva de 4º instar	554±151	516±143	93,2	5,2	(1,156)	1,395 (15,31)
Chuva		52,9±19,2	5,9	0,3	5,9 (0,027)	0,007 (1,07)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		468±132	84,4	4,7	89,7 (0,988)	0,913 (10,37)
Fungo		3,2±3,2	0,6	0,03	6,0 (0,027)	0,007 (1,07)
<i>Bracon</i> sp.		12,5±11,2	2,2	0,1	23,3 (0,115)	0,032 (1,33)
Pupa	38±17,2	28,2±12,4	74,3	0,3	(0,590)	0,303 (4,11)
Chuva		2,1±1,0	5,6	0,02	5,6 (0,025)	0,006 (1,06)
Predação		21,7±9,8	57,1	0,2	60,5 (0,404)	0,160 (2,65)
Má formação		4,4±1,9	11,6	0,04	31,1 (0,162)	0,047 (1,49)
Adultos	9,7±4,8					

Mortalidade total = 99,903

$R_0 = 0,107$

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

Tabela 7. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em verão de 2005 Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	3298±333	33,0	33,0	(0,174)	0,008 (1,65)
Chuva		1542±233	15,4	15,4	15,4 (0,073)	0,003 (1,24)
Predação		380±89	3,8	3,8	4,5 (0,020)	0,001 (1,06)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		488±155	4,9	4,9	6,0 (0,027)	0,001 (1,09)
Inviabilidade		887±244	8,9	8,9	11,7 (0,054)	0,002 (1,18)
Larva de 1º instar	6702±333	1738±465	25,9	17,4	(0,130)	0,006 (1,46)
Chuva		419±134	6,3	4,2	6,3 (0,028)	0,001 (1,09)
Predação		1230±316	18,4	12,3	19,6 (0,095)	0,004 (1,32)
Desconhecido		89±38,2	1,3	0,9	1,8 (0,008)	0,0003 (1,02)
Larva de 2º instar	4965±306	3290±332	66,3	32,9	(0,435)	0,029 (3,29)
Percevejos predadores		251±136	5,1	2,5	5,1 (0,023)	0,001 (1,07)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		2996±293	60,4	30,0	60,4 (0,402)	0,026 (3,02)
Muda incompleta		42,6±42,6	0,9	0,4	2,5 (0,011)	0,0004 (1,03)
Larva de 3º instar	1675±372	1564±345	93,4	15,6	(1,174)	0,233 (19,48)
Chuva		138±30,9	8,3	1,4	8,3 (0,037)	0,002 (1,12)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		1392±335	83,1	13,9	90,6 (1,028)	0,162 (13,81)
Muda incompleta		12,2±12,2	0,7	0,1	8,5 (0,038)	0,002 (1,12)
Fungo		5,1±5,1	0,3	0,1	3,9 (0,017)	0,001 (1,05)
<i>Bracon</i> sp.		16,6±9,9	1,0	0,2	11,5 (0,053)	0,002 (1,17)
Larva de 4º instar	110±34,0	104±31,6	94,3	1,0	(1,169)	0,231 (19,26)
Chuva		16,4±5,6	14,9	0,2	14,9 (0,070)	0,003 (1,23)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		84±26,0	76,2	0,8	89,5 (0,979)	0,143 (12,32)
<i>Brachygastra lecheguana</i>		1,6±1,6	1,5	0,02	1,7 (0,008)	0,0003 (1,02)
Muda incompleta		0,3±0,2	0,3	0,003	4,1 (0,018)	0,001 (1,06)
<i>Bracon</i> sp.		0,8±0,7	0,8	0,01	10,3 (0,047)	0,002 (1,15)
<i>Earinus</i> sp.		0,8±0,8	0,7	0,01	10,2 (0,047)	0,002 (1,15)
Pupa	6,2±3,2	5,0±2,3	79,7	0,05	(0,694)	0,066 (6,23)
Chuva		0,8±0,5	12,9	0,01	12,9 (0,060)	0,002 (1,20)
Predação		2,7±0,9	39,2	0,02	45,0 (0,260)	0,014 (2,09)
Má formação		1,7±1,2	27,7	0,02	57,7 (0,374)	0,023 (2,81)
Adultos	1,3±0,9					
Mortalidade total = 99,987						
$R_0 = 0,014$						

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

Tabela 8. Tabela de vida para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em verão de 2006 Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	$lx$	$dx$	$100qx$	$100rx$	$MM$ ( $k$ )	$MI$ (Aumento - $R_0$ )
Ovo	10000	2203±342	22,0	22,0	(0,108)	0,010 (1,41)
Chuva		364±62	3,6	3,6	3,6 (0,016)	0,001 (1,05)
Predação		1524±308	15,2	15,2	15,8 (0,075)	0,007 (1,27)
<i>Trichogramma pretiosum</i>		88±30	0,9	0,9	1,1 (0,005)	0,0004 (1,02)
Inviabilidade		226±63	2,3	2,3	2,8 (0,012)	0,001 (1,04)
Larva de 1º instar	7797±342	5117±270	65,6	51,2	(0,464)	0,067(3,77)
Chuva		781±122	10,0	7,8	10,0 (0,046)	0,004 (1,16)
Predação		4094±325	52,5	40,9	58,4 (0,380)	0,049 (3,03)
Desconhecido		242±90	3,1	2,4	8,3 (0,038)	0,003 (1,13)
Larva de 2º instar	2680±342	915±151	34,1	9,1	(0,170)	0,017 (1,69)
Percevejos predadores		727±157	27,1	7,3	27,1 (0,137)	0,013 (1,54)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		175±74	6,5	1,8	6,5 (0,029)	0,002 (1,10)
Muda incompleta		13±13	0,5	0,1	0,7 (0,003)	0,0003 (1,01)
Larva de 3º instar	1765±302	1523±283	86,2	15,2	(0,836)	0,206 (9,49)
Chuva		678±164	38,4	6,8	38,4 (0,211)	0,022 (1,90)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		754±193	42,7	7,5	69,3 (0,513)	0,079 (4,28)
<i>Brachygastra lecheguana</i>		10±10	0,6	0,1	0,9 (0,004)	0,0003 (1,01)
Araneae		9,6±6,7	0,5	0,1	0,9 (0,004)	0,0003 (1,01)
Muda incompleta		10±10	0,6	0,1	3,2 (0,014)	0,001 (1,05)
Bactéria		26,4±17,6	1,5	0,3	8,7 (0,039)	0,003 (1,14)
Fungo		13,8±9,5	0,8	0,1	4,6 (0,020)	0,002 (1,07)
<i>Bracon</i> sp.		14,5±9,8	0,8	0,1	4,6 (0,020)	0,002 (1,07)
<i>Earinus</i> sp.		6,1±6,1	0,3	0,1	2,3 (0,010)	0,001 (1,03)
Larva de 4º instar	243±82	225±78	92,5	2,2	(1,003)	0,319 (14,13)
Chuva		44±18,6	18,1	0,4	18,1 (0,087)	0,008 (1,32)
<i>Protonectarina sylveirae</i>		141±59	58,2	1,4	71,1 (0,538)	0,086 (4,56)
<i>Brachygastra lecheguana</i>		2,2±2,1	0,9	0,02	1,1 (0,005)	0,0004 (1,02)
<i>Polybia scutellaris</i>		4,3±2,9	1,8	0,04	2,2 (0,009)	0,001 (1,03)
Araneae		1,1±1,1	0,4	0,001	0,5 (0,002)	0,0002 (1,01)
Muda incompleta		0,5±0,5	0,2	0,001	1,0 (0,005)	0,0004 (1,02)
Bactéria		0,36±0,36	0,1	0,004	0,7 (0,003)	0,0003 (1,01)
Fungo		6,3±4,5	2,6	0,1	12,7 (0,059)	0,005 (1,21)
<i>Bracon</i> sp.		24,5±16,9	10,1	0,2	48,9 (0,292)	0,034 (2,39)
<i>Earinus</i> sp.		0,3±0,3	0,1	0,003	0,6 (0,003)	0,0002 (1,01)
Pupa	18,1±5,2	15,7±4,5	86,6	0,2	(0,873)	0,227 (10,37)
Chuva		2,1±1,0	11,4	0,02	11,4 (0,053)	0,005 (1,19)
Predação		9,1±3,2	50,1	0,1	56,5 (0,362)	0,046 (2,88)
Má formação		4,5±1,5	25,1	0,05	65,2 (0,459)	0,066 (3,72)
Adultos	2,4±0,8					

Mortalidade total = 99,98

$R_0 = 0,027$

No cabeçalho das colunas,  $lx$  é o número de insetos vivos ( $\pm$ erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  é o número de insetos mortos ( $\pm$ erro padrão) em um estágio ou mortos por um fator dentro de um estágio,  $100qx$  é a mortalidade aparente (%),  $100rx$  é a mortalidade real ou mortalidade acumulativa (%),  $MM$  é a mortalidade marginal (%) (os valores de  $k$  representam a mortalidade marginal expressa em escala logarítmica) e  $MI$  é a mortalidade insubstituível ou indispensável (%) (os valores entre parênteses representam o aumento (taxa) em  $R_0$  (taxa reprodutiva líquida) com a eliminação da mortalidade no estágio ou do fator).

Os valores apresentados representam uma média de 10 tabelas de vida.

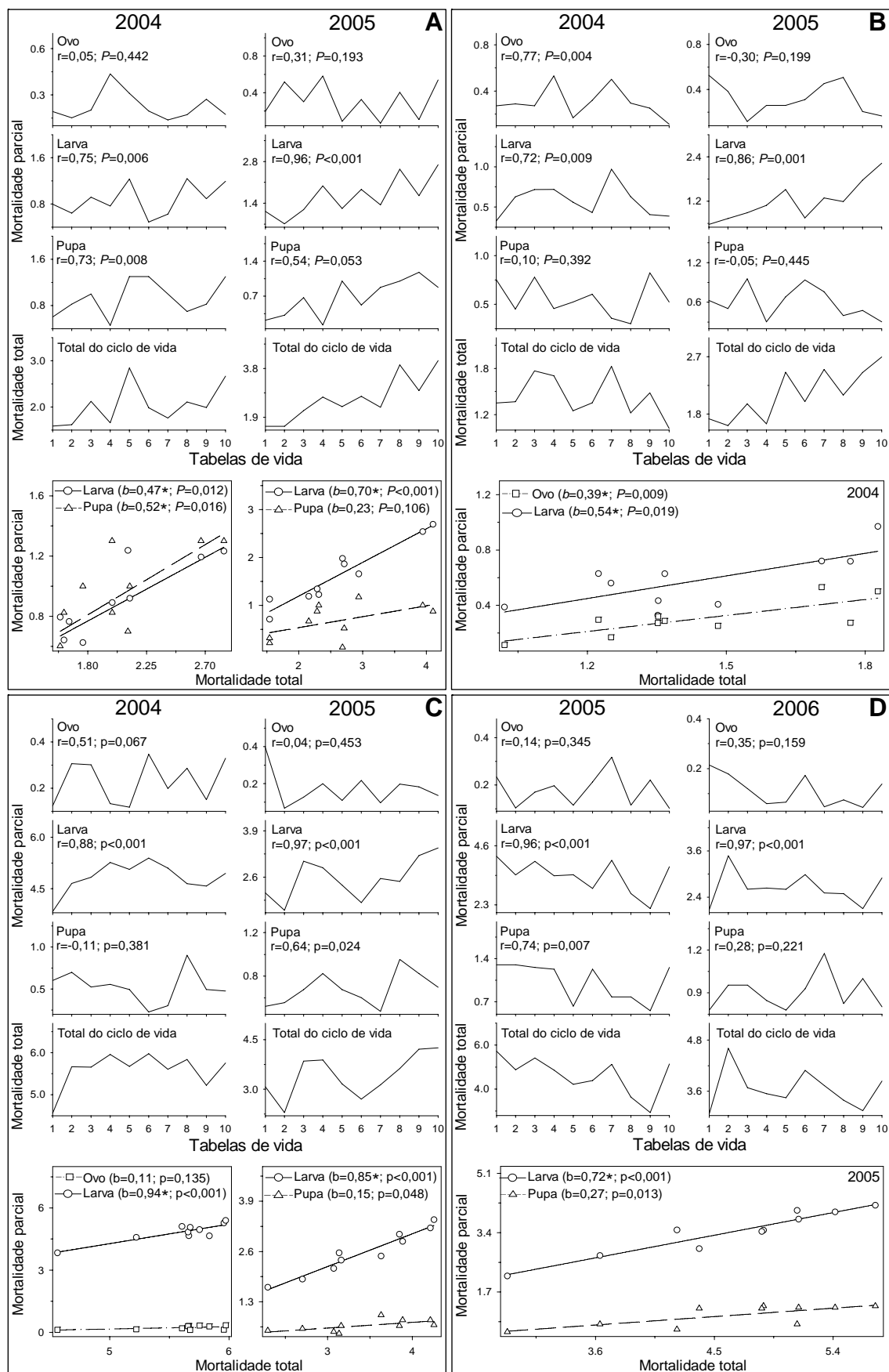


Figura 1. Análise do estágio crítico de mortalidade de *Tuta absoluta* em tomateiro cultivado em outono de 2004/2005 (A), inverno de 2004/2005 (B), primavera de 2004/2005 (C) e verão de 2005/2006 (D). Viçosa, Minas Gerais. Os coeficientes angulares ( $b$ ) significativos ( $P<0,10$ ) seguidos de asterístico “\*” apresentaram as maiores inclinações pelo intervalo de confiança a 90% de probabilidade.

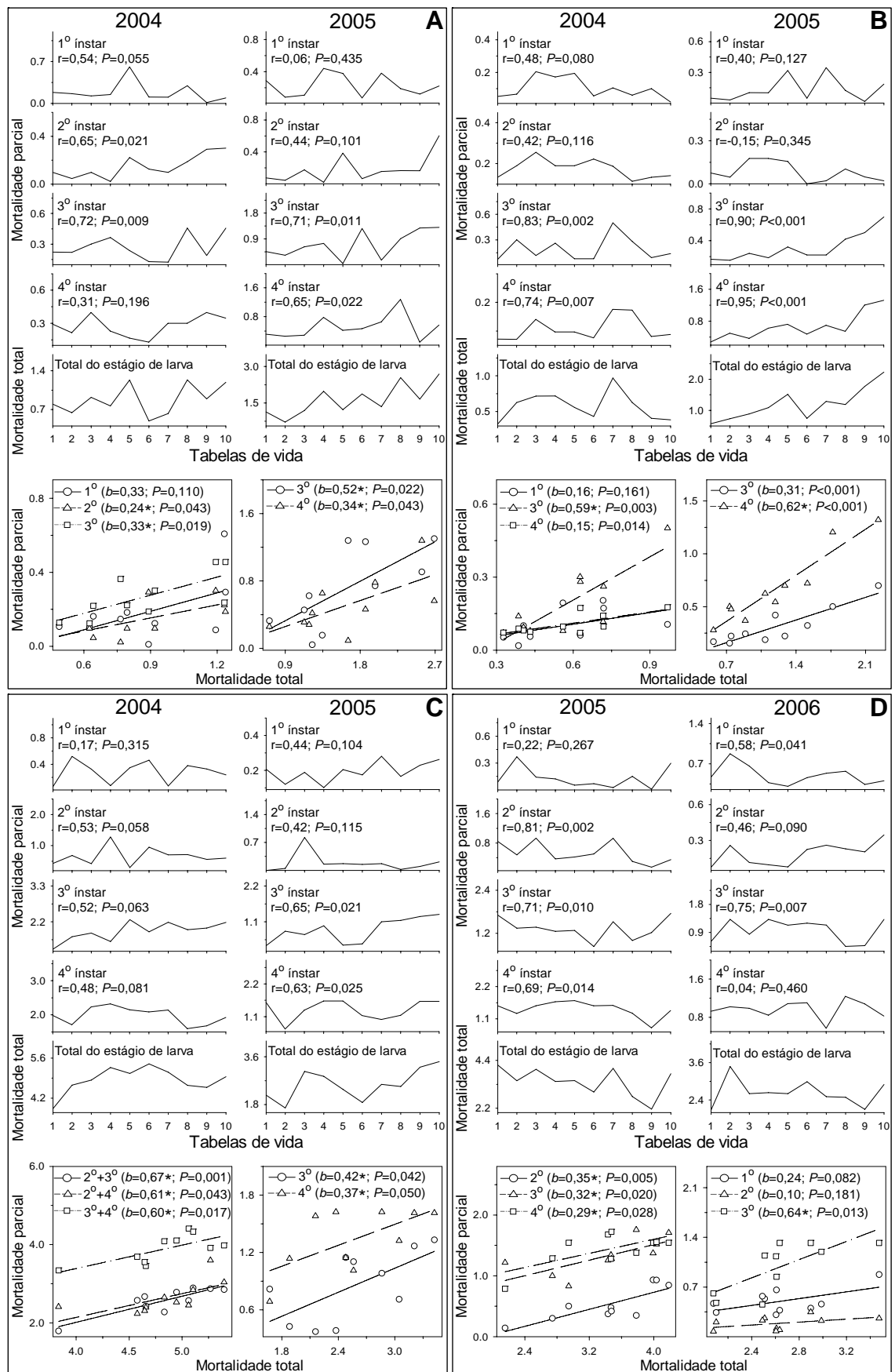


Figura 2. Análise do estágio crítico de mortalidade de larvas de *Tuta absoluta* em tomateiro cultivado em outono de 2004/2005 (A), inverno de 2004/2005 (B), primavera de 2004/2005 (C) e verão de 2005/2006 (D). Viçosa, Minas Gerais. Os coeficientes angulares ( $b$ ) significativos ( $P<0,10$ ) seguidos de asterístico “\*” apresentaram as maiores inclinações pelo intervalo de confiança a 90% de probabilidade.



Tabela 9. Análise dos fatores chave de mortalidade para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em outono de 2004/2005. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	Correlação			Regressão <sup>1</sup>			
	r	t	P	b	R <sup>2</sup>	P	IC <sup>2</sup>
Outono de 2004							
Larva de 2º instar							
Percevejos predadores	0,69	2,70	0,014	0,58	0,479	0,027	(0,18 - 0,98)
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,52	1,71	0,063	0,37	0,266	0,127	(-0,03 - 0,78)
Muda incompleta	0,21	0,61	0,279				
Fungo	-0,09	-0,24	0,408				
Larva de 3º instar							
Chuva	0,54	1,81	0,054	0,06	0,291	0,108	(0,00 - 0,13)
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,89	5,61	<0,001	0,94	0,798	0,001	(0,63 - 1,25)
Muda incompleta	-0,19	-0,54	0,301				
Bactéria	0,27	0,80	0,222				
<i>Bracon</i> sp.	0,05	0,15	0,443				
Pupa							
Chuva	0,43	1,34	0,109				
Predação	0,50	1,62	0,072	0,47	0,248	0,143	(-0,07 - 1,01)
Má formação	0,54	1,79	0,055	0,54	0,287	0,111	(-0,02 - 1,10)
<i>Pseudapanteles</i> sp.	-0,15	-0,44	0,337				
-----							
Outono de 2005							
Larva de 3º instar							
Chuva	0,15	0,42	0,342				
Percevejos predadores	0,09	0,26	0,401				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,84	4,33	0,001	0,61	0,701	0,003	(0,35 - 0,88)
Muda incompleta	-0,29	-0,85	0,211				
<i>Bracon</i> sp.	0,73	3,04	0,008	0,38	0,536	0,016	(0,15 - 0,61)
Larva de 4º instar							
Chuva	0,80	3,76	0,003	0,04	0,639	0,006	(0,02 - 0,05)
Percevejos predadores	-0,10	-0,29	0,390				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,46	1,46	0,092	0,17	0,209	0,184	(-0,05 - 0,40)
Muda incompleta	-0,39	-1,21	0,130				
Fungo	-0,17	-0,50	0,315				
<i>Bracon</i> sp.	0,92	6,62	<0,001	0,82	0,846	0,000	(0,59 - 1,05)
<i>Earinus</i> sp.	0,28	0,83	0,217				

<sup>1</sup> Foram realizadas análises de regressão entre os fatores de mortalidade parciais com a mortalidade total do estágio crítico quando mais de um fator apresentou coeficiente de correlação (r) positivo e significativo.

<sup>2</sup> IC = intervalo de confiança a  $P < 0,10$ .

Tabela 10. Análise dos fatores chave de mortalidade para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado inverno de 2004/2005. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	Correlação			Regressão <sup>1</sup>			
	r	t	P	b	R <sup>2</sup>	P	IC <sup>2</sup>
Inverno de 2004							
Ovo							
Predação	0,33	1,00	0,173				
<i>Trichogramma pretiosum</i>	0,18	0,50	0,314				
Inviabilidade	0,93	7,24	<0,001				
Larva de 3º instar							
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,63	2,31	0,025	0,21	0,403	0,049	(0,04 - 0,38)
Muda incompleta	-0,20	-0,57	0,292				
<i>Bracon</i> sp.	0,95	8,32	<0,001	0,82	0,895	<0,001	(0,63 - 1,00)
<i>Earinus</i> sp.	0,17	0,49	0,318				
----- Inverno de 2005							
Larva de 4º instar							
<i>Protonectarina sylveirae</i>	-0,41	-1,26	0,121				
Staphylinidae: Oxypodini	-0,18	-0,51	0,311				
Bactéria	-0,05	-0,14	0,444				
<i>Bracon</i> sp.	1,00	>0,50	<0,001				

<sup>1</sup> Foram realizadas análises de regressão entre os fatores de mortalidade parciais com a mortalidade total do estágio crítico quando mais de um fator apresentou coeficiente de correlação (r) positivo e significativo.

<sup>2</sup> IC = intervalo de confiança a  $P < 0,10$ .

Tabela 11. Análise dos fatores chave de mortalidade para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em primavera de 2004/2005. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	Correlação			Regressão <sup>1</sup>			
	r	t	P	b	R <sup>2</sup>	P	IC <sup>2</sup>
Primavera de 2004							
Larva de 2º instar							
Percevejos predadores	-0,53	-1,78	0,057				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,99	16,96	<0,001				
Larva de Chrysopidae	-0,13	-0,37	0,361				
Larva de 3º instar							
Chuva	0,19	0,55	0,297				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,82	3,99	0,002				
Muda incompleta	0,12	0,34	0,370				
<i>Bracon</i> sp.	0,35	1,06	0,161				
Larva de 4º instar							
Chuva	0,65	2,41	0,021	0,04	0,424	0,041	(0,01 - 0,08)
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,90	6,01	<0,001	0,58	0,818	<0,001	(0,40 - 0,76)
Fungo	0,24	0,68	0,256				
<i>Bracon</i> sp.	0,66	2,47	0,019	0,29	0,434	0,038	(0,07 - 0,51)
<i>Earinus</i> sp.	0,14	0,41	0,345				
----- Primavera de 2005							
Larva de 3º instar							
Chuva	-0,23	-0,68	0,259				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,99	18,32	<0,001				
<i>Brachygastra lecheguana</i>	0,12	0,35	0,368				
Muda incompleta	-0,41	-1,26	0,121				
Fungo	-0,04	-0,10	0,460				
<i>Bracon</i> sp.	0,01	0,04	0,485				
Larva de 4º instar							
Chuva	0,18	0,52	0,310				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,73	3,02	0,008				
Fungo	0,31	0,91	0,195				
<i>Bracon</i> sp.	0,20	0,58	0,290				

<sup>1</sup> Foram realizadas análises de regressão entre os fatores de mortalidade parciais com a mortalidade total do estágio crítico quando mais de um fator apresentou coeficiente de correlação (r) positivo e significativo.

<sup>2</sup> IC = intervalo de confiança a  $P < 0,10$ .

Tabela 12. Análise dos fatores chave de mortalidade para *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro cultivado em verão de 2005/2006. Viçosa, Minas Gerais.

Estádio/ Fator de mortalidade	Correlação			Regressão <sup>1</sup>			
	r	t	P	b	R <sup>2</sup>	P	IC <sup>2</sup>
Verão de 2005							
Larva de 2º instar							
Percevejos predadores	-0,16	-0,46	0,328				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,98	15,16	<0,001				
Muda incompleta	-0,14	-0,39	0,355				
Larva de 3º instar							
Chuva	0,11	0,32	0,378				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,91	6,26	<0,001				
Muda incompleta	-0,61	-2,18	0,031				
Fungo	0,02	0,05	0,480				
<i>Bracon</i> sp.	0,26	0,75	0,237				
Larva de 4º instar							
Chuva	0,50	1,63	0,071	0,07	0,248	0,143	(-0,01 - 0,14)
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,78	3,52	0,004	0,83	0,608	0,008	(0,39 - 1,27)
<i>Brachygastra lecheguana</i>	-0,84	-4,31	0,001				
Muda incompleta	0,23	0,67	0,260				
<i>Bracon</i> sp.	0,17	0,48	0,324				
<i>Earinus</i> sp.	-0,84	-4,31	0,001				
-----							
Verão de 2006							
Larva de 3º instar							
Chuva	0,23	0,66	0,264				
<i>Protonectarina sylveirae</i>	0,83	4,24	0,001				
<i>Brachygastra lecheguana</i>	0,15	0,43	0,340				
Araneae	-0,41	-1,26	0,122				
Muda incompleta	0,15	0,43	0,340				
Bactéria	0,24	0,70	0,252				
Fungo	0,25	0,74	0,239				
<i>Bracon</i> sp.	0,07	0,20	0,424				
<i>Earinus</i> sp.	0,21	0,61	0,278				

<sup>1</sup> Foram realizadas análises de regressão entre os fatores de mortalidade parciais com a mortalidade total do estágio crítico quando mais de um fator apresentou coeficiente de correlação (r) positivo e significativo.

<sup>2</sup> IC = intervalo de confiança a  $P < 0,10$ .

## DISCUSSÃO

Este trabalho mostra que a variação sazonal da mortalidade de *T. absoluta* é regulada pela importância relativa de fatores bióticos e abióticos que atuam em cada época do ano. O conhecimento da época e magnitude desses fatores é fundamental para o estudo da dinâmica de populações e desenvolvimento de eficientes sistemas de manejo de pragas.

Populações de insetos fitófagos respondem idiossincriticamente no tempo e espaço a uma miríade de fatores de mortalidade natural gerando variação sazonal em suas abundâncias. A mortalidade de *T. absoluta* foi maior durante a primavera e verão do que no outono e inverno. Múltiplos fatores bióticos e abióticos de mortalidade afetaram os estádios imaturos de *T. absoluta*. Em média, estes fatores causaram redução populacional na primavera ( $R_0 = 0,05$ ) e no verão ( $R_0 = 0,02$ ) e aumento no outono ( $R_0 = 1,06$ ) e no inverno ( $R_0 = 2,85$ ). A quantidade de chuvas foi superior na primavera (332 mm) e no verão (577 mm), se comparada à ocorrida no outono (258 mm) e no inverno (63 mm), mostrando a importância deste fator na variação sazonal de *T. absoluta*. Estes resultados estão de acordo com o padrão de flutuação populacional de *T. absoluta* observado na região tropical (Haji *et al.*, 1988 e 1989; Castelo Branco, 1992; Costa *et al.*, 1996) e reforçam a importância da chuva como um fator de mortalidade. Além de

atuar diretamente na mortalidade, a chuva pode também afetar o potencial reprodutivo deste inseto desempenhando assim importante papel em sua dinâmica populacional. Em regiões tropicais, a chuva pode causar assincronia na emergência de adultos e conseqüentemente atraso no acasalamento o que pode reduzir a oviposição (Michereff *et al.*, 2004). O atraso no acasalamento também pode ser ocasionado pela chuva porque esta limita a capacidade de vôo e encontro de parceiros para reprodução (Bacca *et al.*, 2006). Apesar da chuva ser relatada como a responsável por este padrão, outros fatores como predadores, parasitóides, patógenos e fatores fisiológicos desempenham grande influência na variação sazonal de populações de *T. absoluta*, e normalmente, não são considerados dentro de uma perspectiva ecológica.

Análises dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade são amplamente utilizadas em estudos de tabelas de vida ecológicas. Como esperado, o estágio de *T. absoluta* mais vulnerável aos fatores de mortalidade foi o estágio larval. Isso se deve, possivelmente, ao maior período de desenvolvimento deste estágio (20 dias), em relação aos estádios de ovo (4 dias) e pupa (7 dias) (Miranda *et al.*, 1998a). De uma forma geral, larvas maiores foram os estádios críticos de mortalidade, contrariando os resultados obtidos por Miranda *et al.* (1998a), que mostraram que larvas de 1º e 2º instares são os estádios mais susceptíveis aos fatores de mortalidade. Esta diferença se deve a aplicação de inseticidas no sistema estudado por estes autores. Este fato está, possivelmente, relacionado ao menor volume corporal de larvas iniciais em relação às larvas de 3º e 4º instares. Quanto menor o volume corporal maior é a área específica e conseqüentemente maior a exposição aos inseticidas (Bacci *et al.*, 2001 e 2002). Dessa forma, larvas iniciais são freqüentemente inconspícuas ou pouco compensadoras aos inimigos naturais, apesar de por outro lado serem mais susceptíveis aos inseticidas e os compostos químicos de defesa das plantas (Cornell & Hawkins, 1995). Como neste

trabalho as larvas não foram sujeitas à aplicações de inseticidas, houve uma redução na mortalidade de larvas de 1º e 2º ínstaes.

Outro importante fator de mortalidade de larvas é a chuva (Cornell & Hawkins, 1995). Larvas de 1º instar de *T. absoluta* recém eclodidas são susceptíveis a este fator de mortalidade até o estabelecimento no interior da folha. No entanto, uma vez abrigadas dentro da folha, as larvas ficam protegidas pelas epidermes até o final do 2º instar. Os estádios de 3º e 4º ínstaes formam minas maiores que possibilitam a entrada de água e aumentam a susceptibilidade destes estádios as chuvas.

Dentre os fatores de mortalidade, os predadores e parasitóides foram os mais importantes. Estes resultados estão de acordo com o padrão observado para fitófagos minadores em regiões tropicais (Cornell & Hawkins, 1995). Os predadores foram mais importantes na primavera e verão e os parasitóides no outono e inverno. Como a ação de inimigos naturais foi o principal fator de mortalidade de larvas de *T. absoluta*, a menor mortalidade de larvas de 1º e 2º ínstaes demonstra a inconspicuidade de larvas menores.

A identificação dos estádios de desenvolvimento nos quais a maior parte da mortalidade ocorre, assim como os fatores de mortalidade que atuam nestes estádios, têm implicação direta no manejo de pragas. Na época mais seca, quando *T. absoluta* normalmente apresenta alta densidade populacional, programas de manejo de pragas poderiam ser planejados de forma direcionada para os fatores de mortalidade responsáveis pela regulação da dinâmica populacional. Uma vez que os inimigos naturais representam o fator mais importante, o controle biológico conservativo deve ser uma tática considerada. Dessa forma, o nível populacional dos inimigos naturais deve ser considerado durante a tomada de decisão de controle, a fim de preservar ou aumentar a ação benéfica desses organismos no agroecossistema.

A utilização de infoquímicos que modificam o comportamento dos insetos e a resistência da planta hospedeira são táticas compatíveis ao sistema de controle biológico natural. O emprego de feromônio sexual (Jham *et al.*, 2001) e o desenvolvimento de cultivares resistentes (Kennedy, 2002) podem ser técnicas empregadas nestes casos, no entanto, estudos adicionais são necessários a fim de investigar suas aplicabilidades. Quando necessário, o controle químico deveria priorizar inseticidas seletivos para evitar a eliminação dos inimigos naturais do sistema (Leite *et al.*, 1998; Moura *et al.*, 2005), especialmente para aqueles considerados fatores chave de mortalidade de *T. absoluta*. A vespa predadora *Protonectrina sylveirae* e o parasitóide *Bracon* sp. foram fatores chave de mortalidade na primavera-verão e outono-inverno, respectivamente. A alta eficiência destes inimigos naturais e a variação sazonal de sua intensidade de ataque sugerem a alta especificidade destes em utilizar *T. absoluta* como alimento e a grande influência do clima em suas abundâncias.

De fato, Vespidae predadores apresentam maior atividade de forrageamento em condições de maior temperatura e luminosidade (Silva *et al.*, 2000). Baixas temperaturas podem diminuir a capacidade de vôo dos Vespidae devido a baixa capacidade termorregulatória destes insetos. A faixa de temperatura ótima para atividade de busca de recursos por *Polybia occidentalis* (Olivier) (Hymenoptera: Vespidae) está entre 21 e 29°C, sendo que ao longo do dia há uma tendência ao aumento das saídas do ninho à medida que aumenta a temperatura (Resende *et al.*, 2001). Espera-se também que em épocas mais quentes o crescimento da biomassa vegetal resulte em maior disponibilidade de locais para nidificação, aumento de presas alternativas e maior abundância de outros recursos como néctar e água.

Da mesma forma, a capacidade de busca de hospedeiros pelos parasitóides também pode ser afetada pelas condições climáticas. A variação sazonal na disponibilidade e quantidade de plantas que representam recursos potenciais para



adultos de parasitóides também pode contribuir para a variação na taxa de parasitismo. Os parasitóide *Bracon* sp. foi mais abundante no outono e inverno, mostrando a adaptação fisiológica desse inseto a temperaturas mais baixas. Contudo, esperava-se que sua densidade fosse maior em períodos mais quentes, não só devido aos processos fisiológicos, mas também pela maior disponibilidade de recursos. Porém, além das restrições fisiológicas, os padrões de forrageamento de *P. sylveirae* e *Bracon* sp. podem também serem limitados pela competição. Espécies do mesmo nível trófico podem interagir por predação intraguilda (Polis *et al.*, 1989; Janssen, 1998), resultando em redução da eficiência de um dos agentes de controle. Assim, os Vespidae, que são mais robustos e agressivos, podem sobrepor a ação de parasitóides ao se alimentar de larvas parasitadas (Reis *et al.*, 2000). Evidência disso é a predação de larvas de *T. absoluta* por *P. sylveirae* também no outono, mostrando que sua ação está limitada basicamente pela queda de temperatura, já que a predação no inverno foi muito baixa. Já o parasitóide *Bracon* sp. por sua vez, pode estar limitado pela ação da vespa *P. sylveirae*.

A experiência adquirida, distribuição atual e abundância da presa são fatores importantes no forrageamento de vespas predadoras (Richter, 2000). Alguns Vespidae escolhem locais de forrageamento influenciados pela densidade de presa (Cornelius, 1993). Vespidae tendem também a forragear em locais onde obtiveram sucesso previamente (Suzuki, 1978; Richter & Jeanne, 1985) e podem se alimentar repetidamente da mesma presa, tornando-se um predador especialista facultativo (Richter, 1990). Segundo O'Donnell & Jeanne (1992) o sucesso de forrageamento aumenta de acordo com a idade e a experiência dos Vespidae.

A utilização de uma presa por vespas predadoras também pode ser influenciada pela presença de aleloquímicos no hospedeiro de sua presa (Richter, 2000). Richter & Jeanne (1985) demonstraram que *Polybia sericea* (Olivier) (Hymenoptera: Vespidae) utiliza sinais visuais e olfativos da presa para escolher uma área de forrageamento,

apesar dos sinais olfativos serem mais importantes. Cornelius (1993), utilizando testes de livre escolha em plantas de tabaco, observou que *Mischocyttarus flavitarsis* (Saussure) (Hymenoptera: Vespidae) capturou mais larvas de *Manduca sexta* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae) e *Trichoplusia ni* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas previamente danificadas por larvas do que em folhas sem dano. De fato, *P. sylveirae* apresenta uma relação positiva com alta densidade de *T. absoluta* e se especializou nessa presa localizando-a facilmente no cultivo. A alta eficiência de *P. sylveirae* em encontrar larvas de *T. absoluta* pode estar relacionada aos sinais visuais, entretanto sinais olfativos devem ser mais importantes na mediação desta interação. Evidência disto se deve ao fato de haver elevada predação em épocas de altas densidades populacionais de *T. absoluta* e uma redução no forrageamento após o declínio da população, mesmo com a manutenção de sinais visuais (minas nas folhas).

O desaparecimento de ovos sem a ocorrência de chuvas foi associado com a predação por artrópodes. Tripes da família Phlaeothripidae e os percevejos *Lasiochilus* sp., *Orius* sp. (Heteroptera: Anthocoridae), *Annona bimaculata* Distant e *Hyaliodoris insignis* (Stal.) (Heteroptera: Miridae) ocorreram em grande número nas folhas onde os ovos desapareceram e restos de córion dos ovos foram encontrados indicando predação por estes artrópodes. Da mesma forma, larvas de *Episyrphus* sp. (Diptera: Syrphidae), adultos de *Acanthinus* sp. (Coleoptera: Anthicidae) e das joaninhas *Cycloneda sanguinea* (L.), *Psyllobora lenta* Mulsant, *Scymnus* sp. e *Hyperaspis* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) também foram observados em folhas em que os ovos sumiram. Miranda *et al.* (1998a) verificaram mortalidade de ovos de *T. absoluta* por predadores pertencentes às famílias Anthocoridae, Coccinellidae e Phlaeothripidae. A predação de ovos foi mais importante no segundo ano de estudo, mostrando haver um lento a gradativo aumento destes predadores no agroecossistema. Assim, inseticidas não

seletivos podem reduzir grandemente a ação destes organismos benéficos e aumentar a sobrevivência de ovos de *T. absoluta*.

A má formação de pupas no outono de 2004 e a inviabilidade de ovos no inverno de 2004 foram fatores chave de mortalidade de *T. absoluta*. A ocorrência destes fatores pode estar relacionada com a variação sazonal dos elementos climáticos e seus possíveis efeitos na qualidade da planta como alimento. Efeitos ambientais podem afetar a regulação da metamorfose através de alterações nos mensageiros neurais e hormonais dos insetos (Chapman, 1998). Os elementos climáticos podem também afetar o desenvolvimento embrionário de *T. absoluta*, muito embora, alguns insetos morreram por não conseguirem romper completamente o córion dos ovos. Contudo, variações sazonais no estado nutricional e na quantidade dos aleloquímicos presentes no tomateiro podem causar mortalidade e distúrbios fisiológicos em insetos fitófagos (Auerbach *et al.*, 1995; Chapman, 1998; Awmack & Leather, 2002), além de poderem afetar o terceiro nível trófico, já que plantas podem estar mediando a interação entre herbívoro-predador (ou parasitóide) (Bowdish & Stiling, 1998). A qualidade do alimento para insetos fitófagos é determinada pelos fitoquímicos e pela tenacidade das folhas (Scriber & Slansky, 1981). Sendo assim, a maior dureza das folhas pode reduzir o consumo (Foggo *et al.*, 1994; Bergvinson *et al.*, 1995), prolongar o tempo de desenvolvimento e diminuir a sobrevivência de insetos fitófagos (Jansen & Stamp, 1997).

Deve-se considerar entretanto que em outras épocas estes distúrbios fisiológicos também foram importantes, mas não regularam a dinâmica populacional de *T. absoluta* e os indivíduos utilizados para a produção de ovos e pupas foram obtidos do laboratório. Dessa forma, nossos resultados sugerem que a ocorrência de tais distúrbios pode também estar associada à variação na qualidade da planta utilizada na criação de *T. absoluta* no laboratório. A existência de características da planta hospedeira afetando a sobrevivência e fecundidade de *T. absoluta* merece uma investigação futura.

Embora fatores relacionados à planta hospedeira reduzam a sobrevivência de insetos fitófagos, estudos de tabela de vida ecológica não podem detectá-los diretamente, o que implica em uma subestimação do efeito de baixo para cima (regulação “bottom-up”). Entretanto, a despeito da provável subestimação da mortalidade dos insetos fitófagos, a mortalidade por este efeito é evidente nos estádios larvais iniciais (Cornell & Hawkins, 1995). O fator de mortalidade “desconhecido” em larvas de 1º ínstar de *T. absoluta* possivelmente está associado às características da planta hospedeira.

Nossos resultados elucidam fatores e mecanismos que afetam a flutuação populacional de *T. absoluta* ao longo das estações e identifica fatores que devem ser considerados para o desenvolvimento de estratégias e táticas de manejo. A mortalidade natural desta praga é alta e variável entre os períodos amostrados. De uma forma geral, estes fatores causam redução populacional na primavera e no verão e aumento no outono e no inverno. O estágio crítico de mortalidade de *T. absoluta* mais importante é o estágio larval, sendo que larvas maiores são mais vulneráveis aos fatores de mortalidade. Os fatores chave de mortalidade mais importantes na primavera-verão e outono-inverno são a vespa predadora *Protonectrina sylveirae* e o parasitóide *Bracon* sp., respectivamente. Inimigos naturais podem ser favorecidos pelas táticas de manejo de pragas e seus níveis populacionais devem ser considerados durante o processo de tomada de decisão. A importância de múltiplos fatores de mortalidade no manejo de *T. absoluta* representa o primeiro passo para um melhor entendimento de sua dinâmica populacional.

## LITERATURA CITADA

- ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1986, 486p.
- AUERBACH, M.J.; CONNOR, E.F.; MOPPER, S. Minor miner and major miner: population dynamics of leaf-mining insects. In: CAPPUCCHINO, N.; PRICE P.W. (Eds.). **Population dynamics. New Approaches and Synthesis**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 83-110.
- AWMACK, C.S.; LEATHER, S.R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v.47, p.817-844, 2002.
- BACCA, T.; LIMA, E.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; VIANA, J.H.M. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.119, p. 39-45, 2006.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; CRESPO, A.L.B.; PEREIRA, E.J.G. Seletividade de Inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) e ao Predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Neotropical Entomology**, v.30, n.4, p.707-713, 2001.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; BARRETO, R.W.; GALVAN, T.L. Inseticidas seletivos à tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) utilizados no controle do pulgão verde em brássicas. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.174-179, 2002.
- BERGVINSON, D.J.; HAMILTON, R.I.; ARNASON, J.T. Leaf pro-file of maize resistance factors to European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. **Journal of Chemical Ecology**, v.21, p.343-354, 1995.
- BERTA, D.C.; COLOMO, M.V. Dos especies nuevas de *Bracon* F. y primera cita para la Argentina de *Bracon lucileae* Marsh (Hymenoptera, Braconidae), parasitoides de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Insecta Mundi**, v.14, p.211-219, 2000.

- BORGONI, C.P.; SILVA, R.A.; CARVALHO, G.S. Consumo de mesofilo foliar por *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) por três cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.7-11, 2003.
- BOTTO, E.N.; LANTERI, A.A. Control biológico de plagas hortícolas en ambientes protegidos. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.58, p.58-64, 1999.
- BOWDISH, T.I.; STILING, P. The influence of salt and nitrogen on herbivore abundance: direct and indirect effects. **Oecologia**, v.113, p.400–405, 1998.
- BUONACCORSI, J.P.; ELKINTON, J.S. Estimation of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, v.32, p.151-171, 1990.
- CAREY, J.R. The multiple decrement life table: a unifying framework for cause-of-death analysis in ecology. **Oecologia**, v.78, p.131-137, 1989.
- CASTELO BRANCO, M. Flutuação populacional da traça-do-tomateiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v.10, n.1, p.33, 1992.
- CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function**. Cambridge: Cambridge University, 1998, 700p.
- COELHO, M.C.F.; FRANÇA, F.H. Biologia, quetotaxia da larva e descrição da traça-do-tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.2, p.129-135, 1987.
- CORNELIUS, M.L. Influence of caterpillar-feeding damage on the foraging behavior of the paper wasp *Mischocyttarus flavitarsis* (Hymenoptera: Vespidae). **Journal of Insect Behavior**, v.6, p.771–781, 1993.
- CORNELL, H.V.; HAWKINS, B.A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. **The American Naturalist**, v.145, p.563-593, 1995.
- COSTA, J.S.; JUNQUEIRA, A.M.R.; SILVA, W.L.C.; FRANÇA, F.H. Impacto da irrigação via pivô-central na dinâmica populacional da traça-do-tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.1, p.82, 1996.
- ELKINTON, J.S.; BUONACCORSI, J.P.; BELLOWS, T.S.; VAN DRIESCHE R.G. Marginal attack rate, k-values and density dependence in the analysis of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, v.34, p.29-44, 1992.
- FOGGO, A.; SPEIGHT, M.R.; GREGOIRE, J. Root disturbance of common ash, *Fraxinus excelsior* (Oleaceae), leads to reduced foliar toughness and increased feeding by a folivorous weevil, *Stereonychus fraxini* (Coleoptera, Curculionidae). **Ecological Entomology**, v.19, p.344–348, 1994.

- FURLONG, M.J.; SHI, S.; LIU, S.; ZALUCKI, M.P. Evaluation of the impact of natural enemies on *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) populations on commercial Brassica farms. **Agricultural and Forest Entomology**, v.6, p.311–322, 2004.
- GIUSTOLIN, T.A.; VENDRAMIM, J.D.; ALVES, S.B.; VIEIRA, E.S.A. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) criada em dois genótipos de tomateiro. **Neotropical Entomology**, v.30, p.417-421, 2001.
- GONÇALVES-GERVÁSIO, R.C.R.; CIOCIOLA, A.I.; COSTA SANTA-CECÍLIA, L.V.; MALUF, W.R. Parasitismo de ovos de *Tuta absoluta* por *Trichogramma pretiosum* em diferentes genótipos de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1269-1274, 2000.
- GORING, A.H.R.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; SILVA, E.M. Natural biological control and key mortality factors of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) in cucumber. **Biocontrol Science and Technology**, v.13, p.361-366, 2003.
- HAJI, F.N.P. **Controle da traça-do-tomateiro**. Comunicado Técnico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989, 2p.
- HAJI, F.N.P.; OLIVEIRA, C.A.V.; AMORIN NETO, M.S.; BATISTA, J.G.S. Flutuação populacional da traça-do-tomateiro no Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.1, p.7-14, 1988.
- HARCOURT, D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.14, p.175-196, 1969.
- IMENES, S.D.L.; FERNADES, M.A.U.; CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P. Aspectos biológicos e comportamentais da traça do tomateiro *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick, 1917), (Lepidoptera-Gelechiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.57, n.1/2, p.63-68, 1990.
- JANSEN, M.P.T.; STAMP, N.E. Effects of light availability on host plant chemistry and the consequences for behavior and growth of an insect herbivore. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.82, p.319–333, 1997.
- JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VEZON, M.; SABELIS, M.W. Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. **Experimental & Applied Acarology**, v.22, p.497–521, 1998.
- JHAM, G.N.; FRIGHETTO, R.T.S.; ATTYGALLE, A.B.; VILELA, E.F.; SVATOS, A.; MEINWALD, J.; UCHÔA-FERNANDES, M.A.; FERRARA, F.A.A. Identificação, síntese e avaliação do feromônio sexual de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (Eds.) **Feromônio de insetos**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2001. p.57-64.

- KENNEDY, G.G. Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. **Annual Review of Entomology**, v.48, p.51-72, 2002.
- LABORY, C.R.G.; SANTA CECÍLIA, L.V.C.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; BEARZOTTI, E.; SOUZA, J.C. Seleção indireta para teor de 2- tridecanona em tomateiros segregantes e sua relação com a resistência à traça do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.5, p.733-740, 1999.
- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.; GUEDES, R.N.C.; ZANUNCIO, J.C. Role of plant age in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Scientia Horticulturae**, v.89, p.103-113, 2001.
- LEITE, G.D.L.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C.; GUSMÃO, M.R. Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **CEIBA**, v.39, n.2, p.191-194, 1998.
- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.; GUEDES, R.N.C.; SKOWRONSKI, L. Effect of fertilization levels, age and canopy height of *Lycopersicon hirsutum* on the resistance to *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.91, n.2, p.267-273, 1999a.
- LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M.C.; DELLA LUCIA, T.M.C.; MOREIRA, M.D. Role of canopy height in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.123, n.8, p.459-463, 1999b.
- MARCHIORI, C.H.; SILVA, C.G.; LOBO, A.P. Primeira ocorrência do parasitóide *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae) em pupas de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) em cultivar de tomate em Lavras, Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70, p.115-116, 2003.
- MARQUES, I.M.R.; ALVES, S.B. Influência de *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* no parasitismo de *Scrobipalpuloides absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) por *Trichogramma pretiosum* R. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.38, p.317-325, 1995.
- MATTA, S.F.; RIPA, R.S. Avances en el control de la polilla del tomate, *Scrobipalpula absoluta*, (Meyr) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Agricultura Técnica**, v.41, n.2, p.73-77, 1981.
- MELO, M.; CAMPOS, A.D. Ocorrência de inimigos naturais da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Agropecuária Clima Temperado**, v.3, p.269-274, 2000.



- MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E.F.; ATTYGALLE, A.B.; MEINWALD, J.; SVATOS, A.; JHAM, G.N. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps. **Journal of Chemical Ecology**, n.26, v.4, p.875-881, 2000.
- MICHEREFF, M.F.F.; VILELA, E.F.; MICHEREFF FILHO, M.; NERY, D.M.S.; THIEBAULT, J.T. Effects of delayed mating and male mating history on the reproductive potential of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Agricultural and Forest Entomology**, v.6, p.241-247, 2004.
- MIHSFELDT; L.H; PARRA, J.R.P. Biologia de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) em dieta artificial. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, 1999.
- MIRANDA, M.M.M.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.8, p.597-606, 1998a.
- MIRANDA, M.M.M.; PICANÇO, M.C.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, G.L.D.; De CLERCQ, P. Sampling and non-action levels for predators and parasitoids of virus vectors and leaf miners of tomato plants in Brazil. **Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappe Universiteit Gent**, v.63, p.519-523, 1998b.
- MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; RIGITANO, R.L.O. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum* **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.203-210, 2005.
- NARANJO, S.E.; ELLSWORTH, P.C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.116, p.93-108, 2005.
- OLIVER, J.A.I.; BRINGAS, Y.M. Efecto en las poblaciones del predador *Metacanthus tenellus* (Heteroptera: Berytidae) por los insecticidas botánicos rotenona y neem en el cultivo de tomate en el Perú. **Revista Colombiana de Entomología**, v.26, p.89-97, 2000.
- PICANÇO, M.C.; SILVA, D.J.H.; LEITE, G.L.D.; MATA, A.C.; JHAM, G.N. Intensidade de ataque de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) ao dossel de três espécies de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.4, p.429-433, 1995.
- PODOLOER, H.; ROGERS, D. A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, p.85-114, 1975.
- POINAR, G.O.; THOMAS, G.M. **Diagnostic manual for the identification of insect pathogens**. New York: Plenum, 1978. 218 p.
- POLIS, G.A., MYERS, C.A.; HOLT, R.D. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.20, p. 297–330, 1989.

- PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; FERNANDES, O.A.; OLIVERIA, R.C.; ZAGO, H.B.; PEREIRA, F.F. Oviposition pattern of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), on tomato under different population densities of adults in greenhouse. **Agro-Ciencia**, v.19, n.1, p.11-15, 2003.
- QUERINO, R.B.; ZUCCHI, R.A. Caracterização morfológica de dez espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) registradas na América do Sul. **Neotropical Entomology**, v.32, p.597-613, 2003.
- REIS, R.; DESOUSA, O.; VILELA, E.F. Predators impairing the natural biological control of parasitoids. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, p.507-514, 2000.
- RESENDE, J.J.; SANTOS, G.M.M.; FILHO, C.C.B.; GIMENES, M. Atividade diária de busca de recursos pela vespa social *Polybia occidentalis occidentalis* (Olivier, 1791) (Hymenoptera, Vespidae). **Revista Brasileira de Zociências**. v.3, n.1, p.93-104, 2001.
- RICHTER, M.R. Hunting wasp interactions: influence of prey size, arrival order, and wasp species. **Ecology**, v.71, p.1018-30, 1990.
- RICHTER, M.R.; JEANNE, R.L. Predatory behavior of *Polybia sericea* (Olivier), a tropical social wasp (Hymenoptera: Vespidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.16, p.165-70, 1985.
- RICHTER, M.R. Social wasp (Hymenoptera: Vespidae) foraging behavior. **Annual Review of Entomology**, v.45, p. 121-150, 2000.
- ROYAMA, T. A fundamental problem with key factor analysis. **Ecology**, v.77, p. 87-93, 1996.
- SCRIBER, J.M.; SLANSKY, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, v.26, p.183-211, 1981.
- SILVA, E.R.; NODA, S.C.M.. Aspectos da atividade forrageadora de *Mischocyttarus cerberus styx* Richards, 1940 (Hymenoptera, Vespidae): duração das viagens, especialização individual e ritmos diário e sazonal. **Revista Brasileira de Zociências**, v.2, n.1, p.7-20, 2000.
- SOUTHWOOD, T.R.E.; HENDERSON, P.A. **Ecological methods**. London: Blackwell Science, 2000. 576p.
- SUZUKI, T. Area, efficiency and time of foraging in *Polistes chinensis antennalis* Pérez (Hymenoptera, Vespidae). **Japanese Journal Ecology**, v. 28, p.179-89, 1978.
- TORRES, J.B.; FARIA, C.A.; EVANGELISTA, W.S.; PRATISSOLI, D. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. **International Journal of Pest Management**, v.47, n.3, p.173-178, 2001.

VARLEY, G.C.; GRADWELL, G.R. Key factors in population studies. **Journal of Animal Ecology**, v.29, p.399–401, 1960.

VARLEY, G.C., GRADWELL, G.R.; HASSELL, M.P. **Insect population ecology - an analytical approach**. Berkeley: University of California, 1973. 212 p.

XU, Y.Y.; LIU, T.X.; LEIBEE, G.L.; JONES, W.A. Effects of Selected Insecticides on *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.14, n.7, p.713-723, 2004.

## CONCLUSÕES GERAIS

A utilização de inseticidas no tomateiro reduz as injúrias causadas por *T. absoluta*, mas não o suficiente para manter a praga abaixo do nível de dano econômico durante a época mais favorável ao crescimento populacional. O *status* de praga é atingido por este inseto na maior parte do tempo após a frutificação do tomateiro. Os picos populacionais de adultos, ovos, minas e frutos broqueados em lavouras sem aplicação de inseticidas ocorrem na 1ª semana/novembro, 3ª semana/setembro, 4ª semana/setembro e 2ª semana/novembro, respectivamente. Já estes picos em lavouras com aplicação de inseticidas ocorrem na 4ª semana/novembro, 4ª semana/outubro, 2ª semana/novembro e 1ª semana/janeiro, respectivamente. A baixa densidade populacional de *T. absoluta* durante o verão e o outono se deve a alta mortalidade natural e aos efeitos diretos e indiretos dos elementos climáticos sobre esta praga. A redução da mortalidade natural e o aumento da velocidade do vento e da temperatura do ar são as causas proximais dos ciclos sazonais de crescimento das populações. Já o declínio das populações está correlacionado com o aumento da mortalidade natural e efeito negativo direto e indireto da chuva sobre *T. absoluta*. A mortalidade natural desta praga é alta e variável entre os períodos amostrados. De uma forma geral, estes fatores causam redução populacional na primavera e no verão e aumento no outono e no inverno. O estágio crítico de mortalidade de *T. absoluta* mais importante é o estágio

larval, sendo que larvas maiores são mais vulneráveis aos fatores de mortalidade. Os fatores chave de mortalidade mais importantes na primavera-verão e outono-inverno são a vespa predadora *Protonectrina sylveirae* e o parasitóide *Bracon* sp., respectivamente. Estudos futuros visando a determinação de estratégias e táticas de manejo desta praga devem levar em consideração a sua época de ocorrência e os fatores relacionados com as variações sazonais em suas populações. Inimigos naturais podem ser favorecidos pelas táticas de manejo de pragas e seus níveis populacionais devem ser considerados durante o processo de tomada de decisão. A importância de múltiplos fatores de mortalidade no manejo de *T. absoluta* representa o primeiro passo para um melhor entendimento de sua dinâmica populacional.