

MATEUS CHEDIAK

DINÂMICA E FATORES-CHAVE DE MORTALIDADE DA BROCA-DO-CAFÉ
(*Hypothenemus hampei*)

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

MATEUS CHEDIK

DINÂMICA E FATORES-CHAVE DE MORTALIDADE DA BROCA-DO-CAFÉ
(*Hypothenemus hampei*)

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

APROVADA: 29 de julho de 2009.

Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Co-orientador)

Prof. Márcio da Silva Araújo

Prof. Renato de Almeida Sarmiento

Dra. Nelsa Maria Pinho Guedes

Prof. Marcelo Coutinho
Picanço
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador professor Marcelo Coutinho Picanço pela participação na minha formação e orientação. Agradeço também sua família pelo convívio.

Aos co-orientadores Leandro Bacci, Raul Narciso Carvalho Guedes e Laércio Zambolim pela indispensável ajuda.

Ao coordenador do programa de pós graduação do departamento de Fitotecnia Claudio Horst Bruckner e aos funcionários Gilcemir Ângelo da Conceição e Zé Geraldo pela ajuda indispensável na conclusão do curso.

A todos os amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, pela amizade a agradável convívio. Em especial aos que me ajudaram na realização deste trabalho.

Aos meus pais José Marcio Chediak e Mara Silva Costa Chediak pela educação, confiança, amor e tudo mais que não conseguiria descrever.

Aos meus irmãos Virgílio e Cecília pelo carinho e convivência além da grande amizade.

A minha namorada Vanessa pelo amor, amizade, companheirismo, compreensão e confiança demonstrados durante estes anos de convivência.

Ao meu querido filho Johann Guedes Chediak, que sempre esteve do meu lado em todos os momentos, um especial agradecimento a você.

E finalmente, a todos que fizeram este trabalho ser realizado, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

MATEUS CHEDIAK, filho de José Marcio Chediak e Mara Silva Costa Chediak, nasceu em Curitiba, Paraná, em 25 de abril de 1980.

Concluiu o ensino médio em 1998 no Colégio Nobel, em Maringá, Paraná e, em 1999 ingressou no curso de Matemática pela UNIS – MG, em Varginha. Em 2002 ingressou no curso de Agronomia pela UNINCOR – Universidade Vale do Rio Verde onde estudou um ano até realizar a transferência Universidade Federal de Viçosa em 2003. Durante a graduação estagiou no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV entre os anos de 2004 e 2007 sob orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais. Nesse período foi bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq e pela EMBRAPA (PNP&D/CAFÉ).

Em agosto de 2007, ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia na UFV, curso que concluiu em julho de 2009, sendo então aceito para cursar doutorado em Fitotecnia nesta mesma instituição.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| RESUMO..... | v |
| ABSTRACT | vii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 5 |
| 2.1 Local de estudo..... | 5 |
| 2.2 Coleta e preparo dos frutos..... | 5 |
| 2.3 Avaliação dos fatores de mortalidade | 6 |
| 2.4 Construção e análise das tabelas de vida..... | 7 |
| 3 RESULTADOS..... | 10 |
| 3.1 Mortalidade natural de <i>H. hampei</i> | 10 |
| 3.2 Estádios críticos de mortalidade de <i>H. hampei</i> | 11 |
| 3.3 Fatores - chave de mortalidade de <i>H. hampei</i> | 11 |
| 4 DISCUSSÃO | 21 |
| 5 CONCLUSÕES | 29 |
| 6 LITERATURA CITADA..... | 30 |

RESUMO

CHEDIAK, Mateus, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Dinâmica e fatores-chave de mortalidade da broca do café (*Hypothenemus hampei*)**. Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-orientadores: Leandro Bacci, Raul Narciso Carvalho Guedes e Laércio Zambolim.

A broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) é uma praga de café e está presente em quase todos os países produtores da cultura causando perdas de US\$ 500 milhões por ano. Apesar de sua importância, nada se sabe sobre seu fator chave e estágio crítico de mortalidade. Por isso, o objetivo deste estudo foi determinar a fase crítica e os principais fatores de mortalidade de *H. hampei*. Os dados para a confecção da tabela de vida foram coletadas durante cinco temporadas, entre os meses de dezembro de 2007 a março de 2009 em seis fazendas de café entre Paula Cândido e Viçosa, MG. Os dados de mortalidade de *H. hampei* foram coletadas semanalmente e agrupadas por época e talhão, totalizando 33 tabelas de vida. Estas tabelas foram somadas e tirada a média dos dados para a confecção da tabela de vida média, onde a mortalidade global foi de 70,81%. Entre as etapas do ciclo de vida de *H. hampei*, a maior mortalidade ocorreu em ovos (29,43%), seguido pela mortalidade de larvas de terceiro ínstar (22,22%), larva de segundo ínstar (18,60%), pupa (18,11%), larva primeiro ínstar (13,22%) e adultos (8,06%), respectivamente. Os fatores de mortalidade observadas e quantificadas neste estudo foram parasitismo pela vespa-da-uganda *Prorops nasuta* (Hymenoptera, Bethyilidae), a predação por insetos predadores da família Anthocoridae e formigas, distúrbios fisiológicos de ovos (não viáveis) larvas e pupas (ecdise incompleta) e infecção por fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. Entre esses fatores, o que causou a maior mortalidade foram a predação

e distúrbios fisiológicos. O nível crítico de mortalidade de *H. hampei* ocorreu em larva e o ínstar crítico foi o terceiro ínstar. O fator chave de mortalidade foi de distúrbios fisiológicos em larvas (especialmente no terceiro ínstar), seguido de mortalidade devido à predação neste estágio.

ABSTRACT

CHEDIAK, Mateus, M.S. Universidade Federal de Viçosa, July of 2009. **Dynamics and key factors of mortality of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*)**. Advisor: Marcelo Coutinho Picanço. Co- advisors: Leandro Bacci, Raul Narciso Carvalho Guedes and Laércio Zambolim.

The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) is a pest of coffee and is present in almost all countries producing the crop causing losses of US\$ 500 million a year. Despite its importance, nothing is known about her key factor and critical stage of mortality. Therefore, the objective of this study was to determine the critical stage and the key factors of mortality of *H. hampei*. Data for the making of the life table were collected during five seasons between the months of December 2007 to March 2009 in six coffee plantations between Paula Cândido and Viçosa, MG. The mortality data of *H. hampei* were collected weekly and grouped by season and stand, a total of 33 life tables. These 33 life tables were added and taken to mean data which led to an average life table, where the overall mortality was 70.81%. Among the stages of the life cycle of *H. hampei*, the highest mortality occurred in eggs (29.43%), followed by mortality of third instar larvae (22.22%), second instar larva (18.60%), pupa (18.11%), larva First instar (13.22%) and adults (8.06%) respectively. Mortality factors observed and quantified in this study were parasitism by the wasp-of-uganda *Prorops nasuta* (Hymenoptera, Bethyridae), predation by predatory bugs of the family Anthocoridae and ants, physiological disorders of eggs (not feasible) larvae and pupae (incomplete ecdysis) and fungal infection by *Beauveria bassiana* and *Metharizium anisopliae*. Among these factors, which caused the highest mortality were predation and physiological disorders. The

critical mortality level of *H. hampei* was in larval and the instar critical is the third instar. The key factor of mortality was physiological disorders in larvae (especially in the third instar), followed by mortality due to predation in this stadium.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo responsável por cerca de 30% da produção total (46,8 milhões de sacas por ano) colhidos em 2,2 milhões de hectares. Da produção brasileira de café em 2008, 27,5 milhões de sacas foram exportadas, representando 30,5% do total da exportação mundial (MAPA, 2009). A maior parte do café produzido no Brasil está concentrada nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Bahia, sendo responsáveis respectivamente por 49,8, 22,1, 9,8, e 6,8% da produção brasileira (IBGE, 2009). O Brasil, além de ser o maior produtor, é também o maior consumidor mundial de café com um consumo anual de 4,51 kg de café por pessoa (ABIC, 2008).

O café foi o segundo produto responsável pelo aumento do PIB agropecuário (6,4%) no terceiro trimestre de 2008 (IBGE, 2009). Entre os entraves à cadeia produtiva do café estão os problemas fitossanitários, como doenças e pragas.

Dentre todas as pragas que atacam o café, a broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), é considerada a mais importante (Damon, 2000; Dias *et al.*, 2008; Jaramillo *et al.*, 2009), ocasionando perdas anuais de 500 milhões de dólares (Durham, 2004). O ataque da broca do café pode ocasionar perdas de 64% devido à queda de frutos além de reduzir em até 21% o peso das sementes (Moore & Prior, 1988). Qualitativamente, a broca do café ocasiona perdas na classificação final da bebida, tanto de maneira direta, pelo broqueamento, como de maneira indireta, pela associação de microorganismos. Cerca de 180 microorganismos estão associados à broca do café, entre estes estão fungos dos gêneros *Fusarium*, *Penicillium* *Candida* e *Aspergillus*. Alguns destes fungos dos gêneros

Aspergillus e *Penicillium* produzem ocratoxinas (contaminantes encontrados nos frutos de café) que são limitantes à exportação de café para a Europa e são (Romani *et al.*, 2000).

Em estudo visando determinar o centro de origem da broca do café Benavides *et al.* (2005) verificaram a variabilidade e variância genética entre populações da broca do café de 17 países encontrando uma variação genética baixa e uma variabilidade genética alta entre as populações estudadas e a população do oeste africano, determinando esta como a região de origem desta praga.

Após seu estabelecimento como inseto associado ao cafeeiro no oeste africano, a broca do café se distribuiu por todas as regiões produtoras de café com exceção do Hawaii (Vega & Posada, 2006). Esta praga possui ciclo de vida com duração de 20 a 157 dias (Barrera, 1994; Damon, 2000) dependendo das condições climáticas. Durante seu ciclo de vida, este inseto passa pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. O adulto da broca é um besouro de coloração negra, de aparência curvada cujo comprimento médio do corpo do macho é de 1,08 mm e da fêmea é de 1.64 mm (Fernández & Cordero, 2007).

A fêmea ovípara de 31 a 119 ovos dentro de uma semente (Barrera, 1994). Esses, são ovíparos em grupos, possuem forma ovalada, coloração branco leitosa e comprimento de 0,67 mm. As larvas são brancas com cápsula cefálica escura chegando a marrom-escuro nos últimos ínstar. As larvas possuem comprimento de 0,5 a 0,83mm durante seu desenvolvimento. As pupas são brancas tornando-se marrons depois da formação dos apêndices externos, seu comprimento varia com o sexo - os machos medem 1,22 mm e as fêmeas 1,89 mm em média (Fernández & Cordero, 2007).

Na época de formação dos grãos, as fêmeas copulam com os seus irmãos (Bustillo *et al.*, 1998), abandonam os frutos velhos das plantas ou do solo para iniciarem um novo ciclo em frutos novos na planta (Mathieu, *et al.*, 1997). A fêmea de *H. hampei* é atraída aos novos frutos devido aos caimônios liberados durante a formação destes, onde mais de 45 compostos voláteis produzidos pelos frutos foram constatados como podendo exercer este efeito (Giordanengo *et al.*, 1993; Mathieu *et al.*, 1997; Mathieu *et al.*, 1999; Mathieu *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2006). Recentemente descobriu-se que a atração se dá também por estímulos visuais, sendo efetivo apenas para atrair as fêmeas já fecundadas (Mathieu *et al.*, 2001).

Atraída por estímulos químicos e visuais, a fêmea da broca perfura o fruto do café na região da coroa formando galerias dentro da semente (Barrera, 1994). Dentro dos frutos a fêmea inicia a oviposição e seus músculos alares degeneram impedindo a colonização de outros frutos (Ticheler, 1961). Seu ciclo completo se passa dentro do fruto e compreende as fases de ovo, larva, pupa e adulto podendo durar entre 28 e 34 dias até a fase adulta (Damon, 2000). A duração da fase adulta é variável de acordo com o sexo e condições climáticas; os machos podem viver em média 53 dias, já as fêmeas vivem em média 157 dias (Barrera, 1994). No início da safra as fêmeas saem dos frutos para broquear e ovipositar em novos frutos.

Alguns fatores de mortalidade são relatados como importantes para a broca-do-café como infecção por fungos entomopatogênicos, parasitóides, predadores e competidores. Dos fatores de mortalidade, o que possui maior número de relatos é a infecção por fungos entomopatogênicos dos quais *Beauveria bassiana* é o mais relatado na literatura (Villacorta, 1984; Benassi, 1995; Bustillo & Posada, 1996; Bustillo *et al.*, 1999). Este fungo foi relatado inicialmente na década de 1930 (Pascalet, 1939). *B. bassiana* é considerado o principal agente de controle microbiano da broca (Villacorta, 1984; Benassi, 1995; Bustillo *et al.*, 1998). Outro fator de mortalidade importante é o parasitismo representado por quatro principais parasitóides de ocorrência no Brasil, *Prorops nasuta* (Waterston) (Hymenoptera: Bethilidae), *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethilidae), *Heterospilus coffeicola* (Schneiderknecht) (Hymenoptera: Braconidae) e *Phymastichus coffea* (La salle) (Hymenoptera: Eulophidae) (Ticheler, 1961; Idon, 1980; Klein-Koch *et al.*, 1988; Pérez-Lachaud *et al.*, 2002; Infante *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2004). Alguns autores consideram *C. stephanoderis* a espécie de inimigo natural mais eficiente no controle biológico da broca-do-café (Lachaud *et al.*, 2002), podendo ser responsável por até 45% da mortalidade da broca.

São relatados como predadores da broca do café as formigas, percevejos, coleópteros, pássaros e répteis. Entre estes, os mais importantes são os insetos das famílias Formicidae (Hymenoptera), Anthocoridae (Hemiptera) e Cucujidae (Coleoptera) (Leefmans, 1923; Morallo-Rejesus & Baldos, 1980; Vega *et al.*, 1999; Damon, 2000; Vega & Posada, 2006; Vera-Montoya *et al.*, 2007).

Nos programas de manejo integrado de pragas (MIP) há a necessidade de se conhecer os fatores que interferem na intensidade de ataque das pragas

às culturas, determinando aqueles que mais interferem na mortalidade natural da praga. Dentre estes fatores bióticos e abióticos, os inimigos naturais, elementos climáticos e as características de defesa da planta hospedeira são os de maior importância para a dinâmica populacional de insetos praga (Morris, 1963; Varley *et al.*, 1973; Podoler & Rogers, 1975; Miranda *et al.*, 1998; Gonring *et al.*, 2003; Naranjo & Ellsworth, 2005).

Para se determinar os fatores que interferem na dinâmica populacional de insetos-praga, uma importante ferramenta a ser utilizada é a tabela de vida ecológica (Bellows *et al.*, 1992; Carey, 2001). Esta tabela permite mensurar de maneira qualitativa e quantitativa os fatores determinantes da dinâmica populacional dos insetos, possibilitando a identificação tanto do fator chave de mortalidade como da fase crítica de mortalidade (Morris, 1963; Harcourt, 1969; Varley *et al.*, 1973; Podoler & Rogers, 1975; Gonring *et al.*, 2003). A fase crítica é aquele estágio de vida do inseto que determina o tamanho da população. Quando ocorre uma mortalidade neste estágio de vida ocorre também uma redução na densidade populacional da espécie. O fator-chave de mortalidade é aquele que causa mortalidade de maior importância relativa dentro da fase crítica (Morris, 1963; Harcourt, 1969; Varley *et al.*, 1973; Podoler & Rogers, 1975; Rabinovich, 1978).

Um entrave nestas tabelas de vida está na dificuldade em quantificar a mortalidade causada por um determinado fator quando mais de um fator de mortalidade age sobre um único estágio do ciclo de vida do inseto, ou seja, quando a ação de um fator interfere diretamente na ação de outro fator. Para solucionar este problema pode ser incorporada na tabela de vida uma correção analítica de da mortalidade chamada mortalidade insubstituível (Carey, 1989; Peterson *et al.*, 2009). Nesta correção estima-se a mortalidade do inseto na presença ou ausência de um ou mais fatores de mortalidade ou fase do ciclo de vida.

Apesar da importância da broca-do-café para a atividade agrícola brasileira, ainda não se conhece a fase crítica de seu desenvolvimento e o seu fator chave de mortalidade. Assim, este trabalho tem como objetivo realizar a confecção e análise de tabelas de vida ecológica de *H. hampei* visando determinar seus estágios críticos de vida e seu fator-chave de mortalidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

Este estudo foi conduzido em seis lavouras de café em Viçosa, MG (20° 45' 14" S; 42° 52' 55" O) e Paula Cândido (20° 52' 26" S; 42° 58' 48" O), Minas Gerais, Brasil com altitudes médias de 650 e 730m. O experimento foi composto por seis lavouras de *Coffea arabica* variedades Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho cultivadas conforme dados de Zambolim (2001). Os espaçamentos utilizados nas lavouras foram o adensado (1m entre linhas e 1m entre plantas) para três lavouras e convencional (3m entre linhas e 1,5m entre plantas) para as demais. Os dados foram coletados durante cinco estações, 22/dezembro de 2007 a 22/março de 2008 (verão I), 23/março a 20/junho de 2008 (outono), 21/junho de 2008 a 22/setembro de 2008 (inverno), 23/setembro de 2008 a 21/dezembro de 2008 (primavera) e 22/dezembro de 2008 a 22/março de 2009 (verão II).

2.2 Coleta e preparo dos frutos

Coletou-se quinzenalmente em cada lavoura 100 frutos de café broqueados distribuídos em vinte plantas de maneira a cobrir uniformemente toda a área amostrada. Estes frutos foram ensacados, devidamente etiquetados e levados ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal de Viçosa para a avaliação.

No laboratório os frutos foram divididos em duas amostras de cinquenta frutos cada. Os frutos da primeira amostra foram disponibilizados em potes de acrílico de 10 mL transparentes tampados com organza de maneira a permitir a

circulação de ar, evitar a entrada de inimigos naturais da broca nos frutos e a saída de adultos da broca-do-café e parasitóides. Estes potes foram avaliados semanalmente. Os frutos da segunda amostra foram avaliados no mesmo dia da coleta. Estes frutos foram cortados em frações finas, com o auxílio de um estilete, da região da coroa para o centro. Esta abertura foi feita sob microscópio estereoscópico com aumento fixado em 12x.

Durante a abertura dos frutos contou-se o número de ovos, larvas, pupas e adultos da broca do café vivos e mortos por inimigos naturais como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e predadores presentes e insetos mortos por distúrbios fisiológicos.

2.3 Avaliação dos fatores de mortalidade

As mortalidades e suas causas foram monitoradas para cada estágio de desenvolvimento da broca em avaliações quinzenais nos frutos abertos no laboratório e frutos acondicionados nos potes de acrílico. Os frutos abertos foram considerados em condições de campo por serem abertos imediatamente após a coleta na planta.

Durante o período experimental foi anotado o número de adultos da broca-do-café e parasitóides que saíram dos frutos acondicionados nos potes de acrílico para se estimar a quantidade de adultos que chegaram à fase reprodutiva e a quantidade de indivíduos que morreram pelo ataque do parasitóide. Para a avaliação da mortalidade por parasitismo contou-se os parasitóides que saíram dos frutos acondicionados nos potes de acrílicos. Como *Prorops nasuta* é um ectoparasitóide solitário, para cada parasitóide encontrado dentro dos potes foi considerado um indivíduo morto por este fator. Estimou-se o estágio de desenvolvimento onde ocorria o parasitismo observando-se a larva do parasitóide sob o corpo da broca-do-café verificando seu estágio de desenvolvimento.

Para a avaliação da mortalidade ocorrida por fungos entomopatogênicos verificou-se o crescimento micelial sobre o corpo dos adultos, pupas ou larvas da broca-do-café nos frutos abertos. Avaliou-se a mortalidade recente por fungos entomopatogênicos cujos micélios não se apresentavam externamente ao corpo. Para esta avaliação cortou-se transversalmente ao comprimento do corpo indivíduos que se apresentavam paralisados sem crescimento micelial aparente. Indivíduos encontrados mortos com crescimento micelial branco sob

ou dentro do corpo foram considerados mortos devido ao ataque fúngico por *B. bassiana*. Indivíduos encontrados mortos com crescimento micelial verde acinzentado sob ou dentro do corpo foram considerados mortos devido ao ataque fúngico por *M. anisopliae*.

Para a avaliação da mortalidade ocorrida por predação avaliou-se a presença de restos de exúvia ou córion dentro do fruto. Os ovos com a coloração branco leitosa brilhante foram considerados vivos. Quando se verificou uma coloração opaca ou escurecida em ovos estes foram considerados mortos por distúrbios fisiológicos (inviabilidade). Larvas que apresentavam movimentação normal foram consideradas vivas, quando estas se apresentavam imóveis mesmo sob estímulo de um pincel e não apresentavam sinais de infecção fúngica ou ectoparasitóides foram considerados mortos por distúrbios fisiológicos (ecdise incompleta).

As pupas foram consideradas vivas quando apresentavam movimento de contração lateral sob o estímulo de um pincel. Pupas encontradas imóveis mesmo sob o estímulo de um pincel e sem sinais de infecção fúngica ou ectoparasitóides foram consideradas como mortas por problemas fisiológicos.

Dentre os adultos foi considerado como adultos finais aqueles que saíram dos frutos e que caminhavam normalmente.

2.4 Construção e análise da tabela de vida

Os dados coletados nos frutos do campo e laboratório foram utilizados para se confeccionar as tabelas de vida. Para cada lavoura foi confeccionada pelo menos uma tabela de vida correspondente a cada estação do ano, totalizando 33 tabelas de vida. A tabela de vida apresentada nesta dissertação é a média das tabelas das lavouras em todas as estações. Cada tabela de vida foi composta pelas colunas x , lx , dx , dxF , $100qx$, $100rx$, MM , MI , R_0 e k (Rabinovich, 1978; Southwood & Henderson, 2000) onde x representa o estágio do ciclo de vida do inseto (ovo, larva I, larva II, larva III, pupa e adulto) e dx representa os insetos mortos em cada estágio do ciclo de vida ou mortos por um fator em cada estágio.

O número de insetos vivos que iniciou cada estágio do ciclo de vida foi calculado com a fórmula $lx = (lx - 1) - (dx - 1)$. Nesta fórmula, $(lx - 1)$ representa o número de insetos que iniciou o estágio anterior ao lx e $(dx - 1)$ representa o

número de insetos mortos no estágio anterior ao lx . O número de insetos que iniciou o estágio de ovo foi estimado pela contagem direta do número de ovos presentes dentro dos frutos abertos no laboratório.

Foi realizada uma combinação entre os dados coletados no campo e os dados coletados no laboratório para se calcular as mortalidades ocorridas em cada estágio e causadas por cada fator dentro de cada estágio. Estas mortalidades foram calculadas pelas fórmulas:

$$100q_x = (dx/lx) \times 100$$

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

onde $100q_x$ (%) corresponde a mortalidade que aparentemente ocorreu em cada estágio do ciclo de vida ou a mortalidade de cada fator dentro de cada estágio. Já a mortalidade real ou acumulativa $100r_x$ (%) representa a mortalidade real ou acumulativa que ocorreu em cada estágio do ciclo de vida ou a mortalidade de cada fator dentro de cada estágio do ciclo de vida.

A mortalidade marginal é uma correção matemática da mortalidade, esta correção é feita para cada fator dentro de cada estágio e considera cada fator como o único fator atuando dentro de cada estágio. A mortalidade marginal é representada por MM_B (%) e foi calculada através da equação:

$$MM_B = \frac{100q_{x_B}}{(1 - \sum 100q_x/100)}$$

para se realizar este cálculo considerou que a probabilidade de predação de indivíduos parasitados ou infectados por fungos foi a mesma. Nesta fórmula, B é cada fator de mortalidade, $100q_x$ (%) é a mortalidade do fator B , $\sum 100q_x$ (%) é o somatório das mortalidades aparentes dos fatores contemporâneos.

Para as análises estatísticas utilizou-se o valor k dado pela fórmula:

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

onde MM_x é a mortalidade marginal de cada fator dentro de cada estágio ou de cada estágio do ciclo de vida.

Realizou-se um cálculo para se corrigir matematicamente a interação biológica entre os fatores de mortalidade. Esta correção foi feita através da mortalidade insubstituível (M). O cálculo desta mortalidade determina a porção da mortalidade total que poderia não ocorrer se um determinado fator de mortalidade fosse eliminado (Southwood & Henderson, 2000). A mortalidade insubstituível foi estimada para cada estágio de desenvolvimento e para cada

um dos fatores de mortalidade de acordo com Carey (1989) e Naranjo & Ellsworth (2005) através da fórmula:

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

onde MM_i é a mortalidade marginal para cada 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. Estes parâmetros foram calculados e fizeram parte da tabela de vida de *H. hampei*.

Após a confecção da tabela de vida, identificou-se os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade através de métodos estatísticos. Para a determinação dos estádios críticos e fatores chave de mortalidade de *H. hampei* foram realizadas análises de correlação e regressão utilizando as mortalidades parciais (k) e a mortalidade total (K), segundo metodologia proposta por Varley *et al.* (1973). Para a representação gráfica das correlações e regressões foi utilizado o método proposto por Varley & Gradwell (1960).

Os estádios de vida de *H. hampei* que apresentaram correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) entre sua mortalidade parcial (k) e a mortalidade total (K) foram considerados como estágio crítico de mortalidade. Quando dois ou mais estádios apresentaram esta correlação positiva e significativa, realizou-se uma análise de regressão linear. Aquele estágio que apresentou maior inclinação da reta ($p < 0,05$) com um intervalo de confiança de 95% de probabilidade foi considerado então como estágio crítico (Podoler & Rogers, 1975). Utilizando os mesmos procedimentos estatísticos, foram determinados os fatores chave de mortalidade para os estádios críticos mais importantes.

3. RESULTADOS

3.1 Mortalidade de *H. hampei*

A mortalidade total de *H. hampei* foi de 70,81% sendo que 29,43, 31,80, 7,02 e 2,56% desta ocorreram, respectivamente, nas fases de ovo, larva, pupa e adulta. Dos 3229 ovos que iniciaram o ciclo de vida apenas 942 indivíduos alcançaram o estágio de adultos finais. Considerando a razão sexual (fêmeas adultas/adultos totais) de 1,1 e fecundidade de 40 ovos/fêmea (Fernández & Cordero, 2007), a taxa líquida reprodutiva (R_0) de *H. hampei* foi de 12,83. Na fase larval a mortalidade foi de 9,33 para o primeiro ínstar, 11,39 para o segundo ínstar e 11,08% para o terceiro ínstar (Tabela 1).

As causas de mortalidade na fase de ovo foram predação e distúrbios fisiológicos (inviabilidade) destes com mortalidades marginais (MM) de 4,07 e 27,75%, respectivamente. Os predadores observados foram formigas (Hymenoptera: Formicidae) e percevejos da família Anthocoridae. Os fungos que causaram mortalidade a broca do café foram *B. bassiana* e *M. anisopliae*. O único parasitóide encontrado foi *P. nasuta*. Os machos por não gerarem prole são considerados como causadores de perdas populacionais devido à razão sexual.

Na fase larval as causas de mortalidade foram predação, distúrbios fisiológicos e parasitismo, sendo que o parasitismo ocorreu apenas em larvas de terceiro ínstar. As mortalidades marginais por predação foram de 1,53, 3,03 e 3,53% e por distúrbios fisiológicos foram de 12,04, 16,48 e 19,93% no primeiro, segundo e terceiro ínstar larval, respectivamente. Na fase de pupa as causas de mortalidade foram predação ($MM = 3,05\%$), distúrbios fisiológicos ($MM = 13,45\%$), o fungo *B. bassiana* ($MM = 0,04\%$) e parasitóide ($MM =$

3,29%). Na fase adulta as causas de perdas populacionais foram os fungos *M. anisopliae* (MM = 0,07%) e *B. bassiana* (MM = 7,99%) (Tabela 1).

Dentre os fatores de mortalidade, os de maior importância foram os distúrbios fisiológicos. Este fator causou alta mortalidade marginal em ovos (29,80%), larvas de terceiro ínstar (25,43%) e pupas (19,88%) (Tabela 1). Caso eliminado este fator de mortalidade (43,20%), não havendo compensação das mortalidades por outros fatores, ocorreria um aumento de 148% na população da broca-do-café ($R_0 = 2,48$) (Tabela 2).

O segundo fator de maior importância na mortalidade da broca-do-café foi a predação. Este fator foi mais importante em ovos, larva de terceiro ínstar e pupa resultando nas mortalidades marginais de 4,07, 3,53 e 3,05% respectivamente (Tabela 1). Caso eliminado este fator de mortalidade (17,40%), não havendo compensação das mortalidades por outros fatores, ocorreria um aumento de 60% na população da broca-do-café ($R_0 = 1,60$) (Tabela 2).

3.2 Estádio crítico de mortalidade de *H. hampei*

As curvas de mortalidade de *H. hampei* nos estádios de ovo, larva e pupa foram as que apresentaram semelhança com a curva de mortalidade total deste inseto, conforme indicado pelos coeficientes de correlação (r) positivos e significativos (Figura 1A). O coeficiente angular (b) da curva de mortalidade parcial de *H. hampei* no estágio de larva foi maior que os coeficientes das curvas dos estádios de ovo e pupa, conforme indicado pelo intervalo de confiança do modelo a 95% de probabilidade (Figura 1B). As curvas de mortalidade de larvas de 1º, 2º e 3º ínstars apresentaram semelhança com a curva de mortalidade no estágio larval, conforme indicado pelos coeficientes de correlação (r) positivos e significativos (Figura 2A). Entre as curvas de mortalidade dos ínstars larvais a que apresentou o maior coeficiente angular (b) foi a de larvas de 3º ínstar, seguida pela curva do 2º ínstar e de 1º ínstar respectivamente, indicado pelo intervalo de confiança deste coeficiente a 95% de probabilidade (Figura 2B). Portanto, o estágio crítico de mortalidade de *H. hampei* foi o de larvas seguido dos estádios ovo e pupa. Entre os ínstars larvais o ínstar crítico foi o 3º ínstar seguido pelo 2º e 1º ínstar.

3.3 Fator chave de mortalidade de *H. hampei*

As mortalidades parciais causadas por predação e distúrbios fisiológicos apresentaram correlações positivas e significativas com a mortalidade total no terceiro ínstar larval de *H. hampei* (Figura 3A). A curva da mortalidade causada por distúrbios fisiológicos apresentou coeficiente angular maior que à curva da mortalidade causada por predação indicado pelo intervalo de confiança do modelo a 95% de significância (Figura 3B). Para o segundo ínstar larval as mortalidades causadas por predação e distúrbios fisiológicos apresentaram correlações positivas e significativas com a mortalidade total neste ínstar (Figuras 4A). Entre estes fatores a mortalidade causada por distúrbios fisiológicos apresentou o maior coeficiente angular a 95% de significância (Figura 4B). No primeiro ínstar larval apenas a mortalidade causada por distúrbios fisiológicos apresentou correlação positiva e significativa com a mortalidade total neste ínstar (Figura 5). Portanto, os fatores chave de mortalidade de *H. hampei* foram os distúrbios fisiológicos em larvas de 3º ínstar seguido pela predação neste ínstar.

Para o estágio de ovo apenas a mortalidade parcial causada por distúrbios fisiológicos apresentou correlação positiva e significativa com a mortalidade total de adultos (Figura 6).

No estágio de pupa as mortalidades parciais causadas por distúrbios fisiológicos, parasitóides e *B. bassiana* apresentaram correlações positivas e significativas com a mortalidade total neste estágio (Figura 7A). Entre os fatores de mortalidade de pupa a curva de mortalidade por distúrbio fisiológico foi o que apresentou o maior coeficiente angular indicado pelo intervalo de confiança de 95% de significância deste coeficiente (Figura 7B).

Tabela 1. Tabela de vida ecológica de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) em cafeeiro. Viçosa, MG. 2008 e 2009.

| <i>Estádio/Fator de mortalidade</i> | <i>Lx</i> | <i>dx</i> | <i>100qx</i> | <i>100rx</i> | <i>MM</i> | <i>k</i> |
|--|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------|----------|
| Ovos | 3229,1±370,2 | 950,4±199,3 | 29,43 | 29,43 | - | 0,16 |
| Predação | | 96,8±20,2 | 3,00 | 3,00 | 4,07 | 0,02 |
| Distúrbios fisiológicos: Inviabilidade | | 853,7±198,8 | 26,44 | 26,44 | 27,25 | 0,14 |
| Larva I | 2278,6±216,7 | 301,3±72,9 | 13,22 | 38,76 | - | 0,06 |
| Predação | | 30,6±9,5 | 1,34 | 0,95 | 1,53 | 0,01 |
| Distúrbios fisiológicos: Ecdise incompleta | | 270,6±70,6 | 11,88 | 8,38 | 12,04 | 0,06 |
| Larva II | 1977,3±170,4 | 367,8±59,6 | 18,6 | 50,15 | - | 0,09 |
| Predação | | 50,2±9,6 | 2,54 | 1,56 | 3,03 | 0,01 |
| Distúrbios fisiológicos: Ecdise incompleta | | 317,5±54,8 | 16,06 | 9,83 | 16,48 | 0,08 |
| <i>Beauveria bassiana</i> | | 0,09±0,07 | 0,005 | 0,003 | 0,01 | 0,00002 |
| Larva III | 1609,6±124,9 | 357,6±66,9 | 22,22 | 61,23 | - | 0,11 |
| Predação | | 45,8±13,3 | 2,85 | 1,42 | 3,53 | 0,02 |
| Distúrbios fisiológicos: Ecdise incompleta | | 311,6±63,4 | 19,36 | 9,65 | 19,93 | 0,10 |
| Parasitismo | | 0,21±0,16 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00007 |
| Pupa | 1251,9±76,1 | 226,8±40,9 | 18,11 | 68,25 | - | 0,09 |
| Predação | | 32,2±9,6 | 2,57 | 1,00 | 3,05 | 0,01 |
| Distúrbios fisiológicos: Ecdise incompleta | | 159,2±33,8 | 12,72 | 4,93 | 13,45 | 0,06 |
| <i>Beauveria bassiana</i> | | 0,45±0,37 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,0002 |
| Parasitismo | | 34,9±15,2 | 2,78 | 1,08 | 3,29 | 0,01 |
| Adultos Iniciais | 1025,2±52,5 | 82,7±17,4 | 8,06 | 70,81 | - | 0,04 |
| <i>Beauveria bassiana</i> | | 81,9±17,4 | 7,99 | 2,54 | 7,99 | 0,04 |
| <i>Metharizium anisopliae</i> | | 0,73±0,57 | 0,07 | 0,02 | 0,07 | 0,0003 |
| Adultos Finais | 942,5±54,1 | | | | | |
| Mortalidade Total = 70,81 | | | | | | |
| R ₀ = 12,83 | | | | | | |

No cabeçalho: *Lx* é o número de insetos vivos (média ± erro padrão) no início de cada estágio, *dx* é o número de insetos mortos (média ± erro padrão) num estágio ou mortos por um fator neste estágio, *100qx* é a mortalidade aparente (%), *100rx* é a mortalidade real ou acumulativa (%), *MM* é a mortalidade marginal (%) e $k = -\text{LOG}_{10}(1-(MM/100))$.

Tabela 2: Porcentagem da mortalidade insubstituível (*MI*) e aumento da taxa de crescimento populacional (R_0) de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) se este fator estivesse ausente. Viçosa, MG. 2008 e 2009.

| Estádio | Distúrbios fisiológicos | | Predação | | Parasitismo | | Total de fungos | | <i>B. Bassiana</i> | | <i>M. anisopliae</i> | |
|-----------|-------------------------|---------------|-----------|---------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | <i>MI</i> | Aumento R_0 | <i>MI</i> | Aumento R_0 | <i>MI</i> | Aumento R_0 | <i>MI</i> | Aumento R_0 | <i>MI</i> | Aumento R_0 | <i>MI</i> | Aumento R_0 |
| Ovos | 2,85 | 1,10 | 4,07 | 1,14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Larvas | 4,89 | 1,17 | 9,21 | 1,32 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Larva I | 1,04 | 1,04 | 1,53 | 1,01 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Larva II | 1,50 | 1,05 | 3,03 | 1,01 | - | - | 0,001 | 1,00 | 0,001 | 1,00 | - | - |
| Larva III | 1,89 | 1,07 | 3,53 | 1,01 | 0,001 | 1,00 | - | - | - | - | - | - |
| Pupas | 1,18 | 1,04 | 3,05 | 1,01 | 0,26 | 1,01 | 0,003 | 1,00 | 0,003 | 1,00 | - | - |
| Adultos | - | - | - | - | - | - | 0,67 | 1,02 | 0,66 | 1,02 | 0,01 | 1,00 |
| Total | 43,20 | 2,48 | 17,40 | 1,60 | 0,92 | 1,03 | 2,19 | 1,08 | 2,17 | 1,08 | 0,02 | 1,00 |

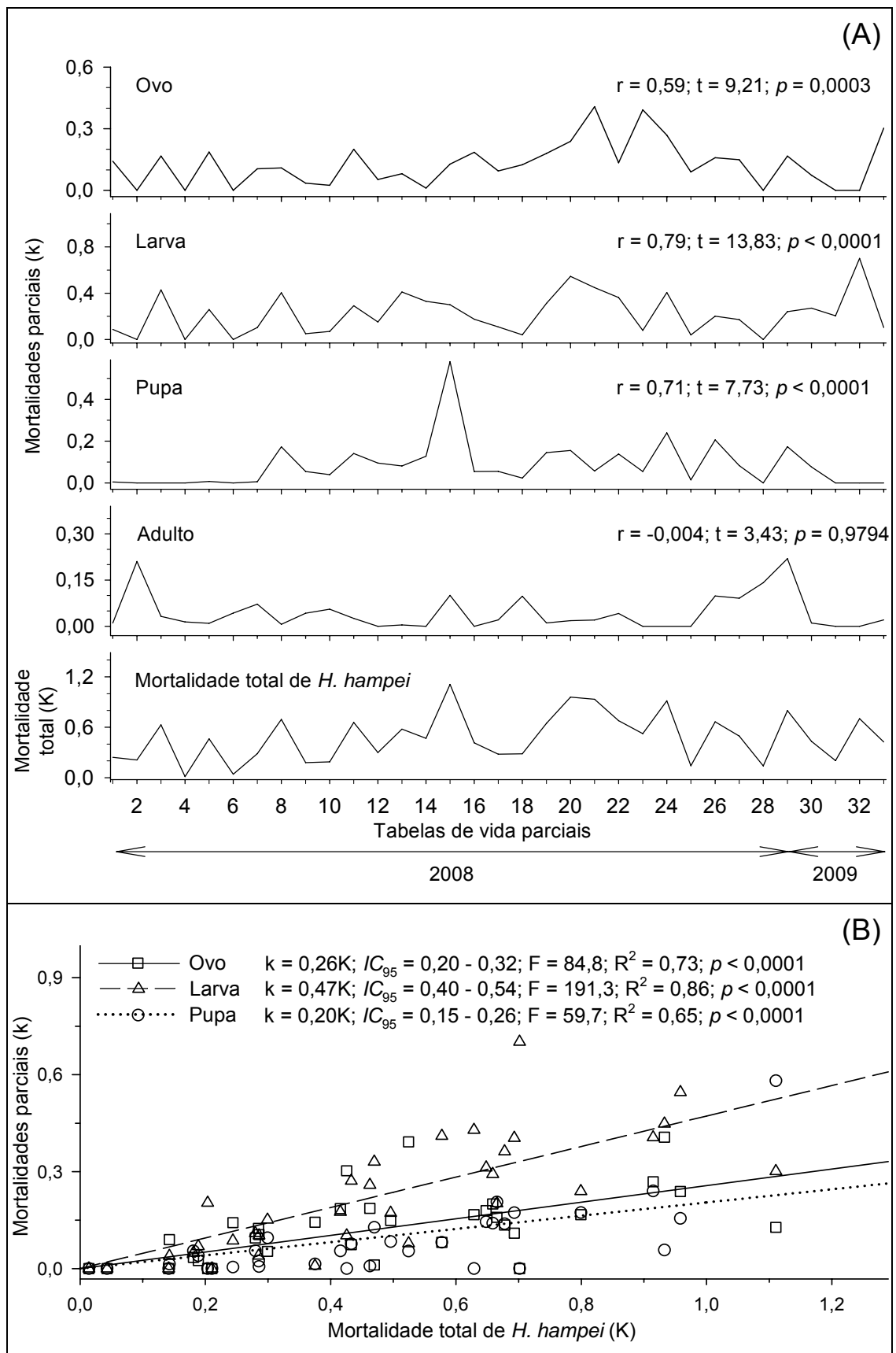


Figura 1. (A) Correlações e (B) curvas das mortalidades parciais em função da mortalidade total nos estádios de desenvolvimento de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

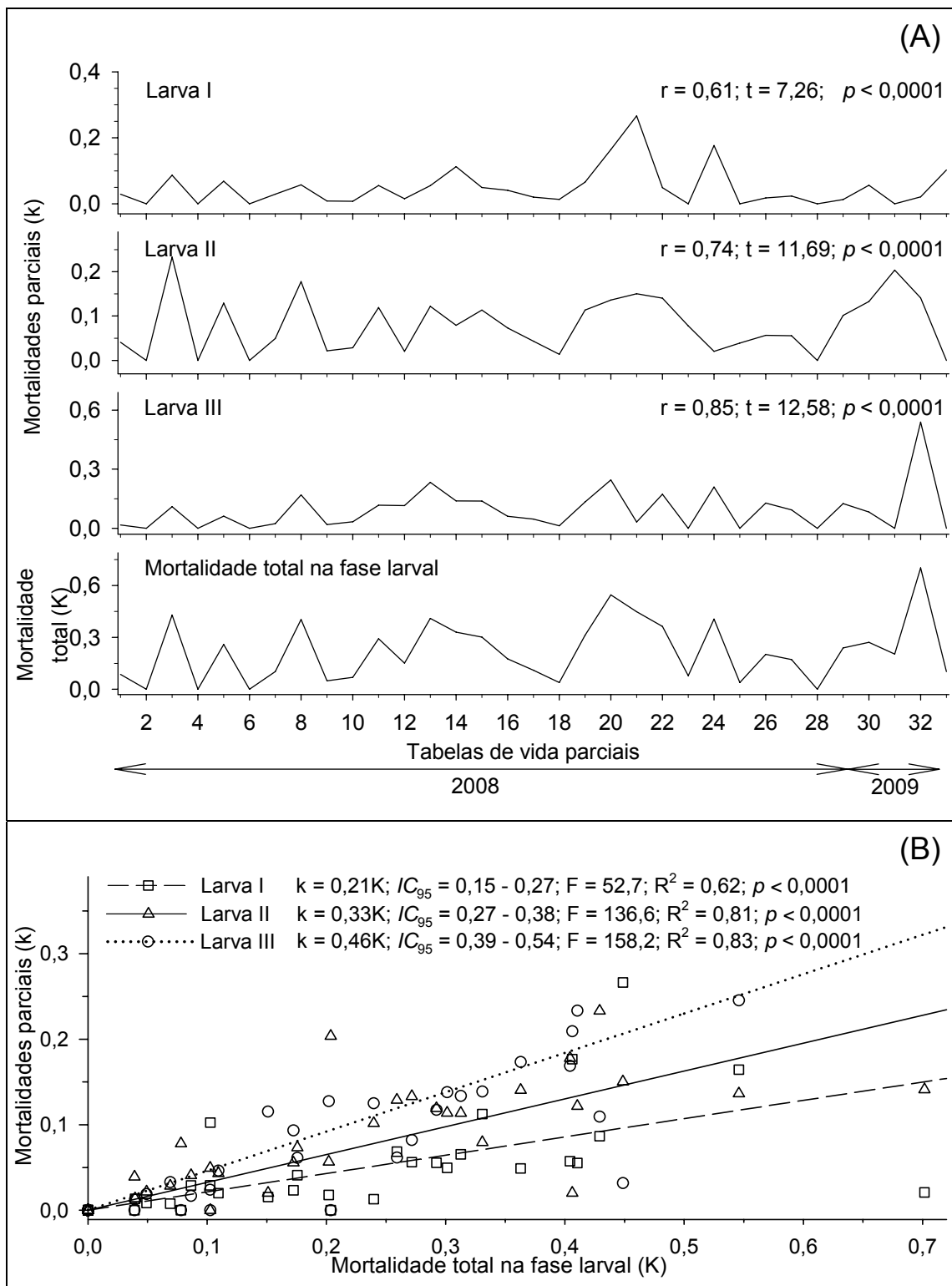


Figura 2. (A) Correlações e (B) curvas das mortalidades parciais em função da mortalidade total nos instares larvais de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

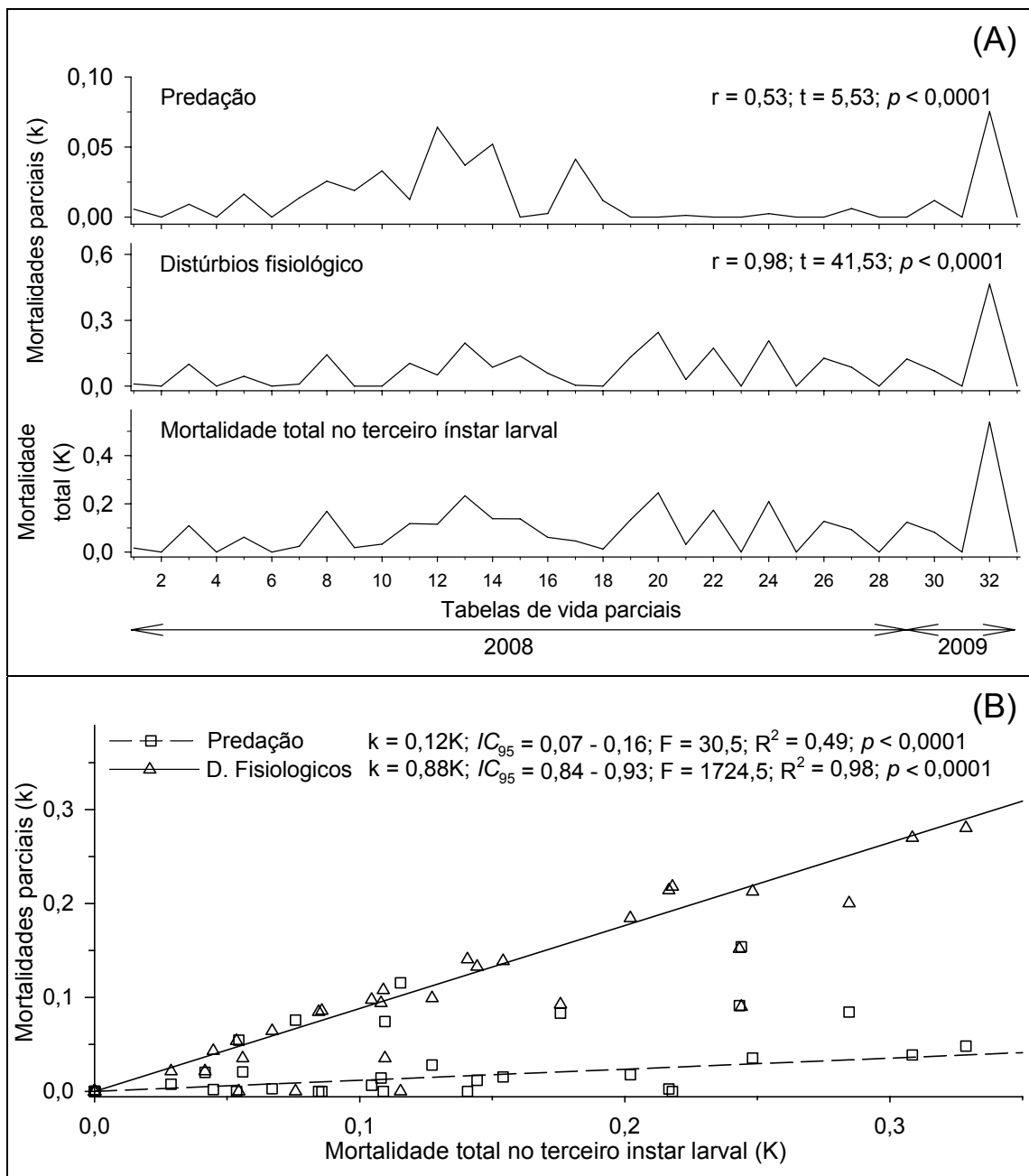


Figura 3. (A) Correlações e (B) curvas das mortalidades parciais em função da mortalidade total no terceiro ínstar larval de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

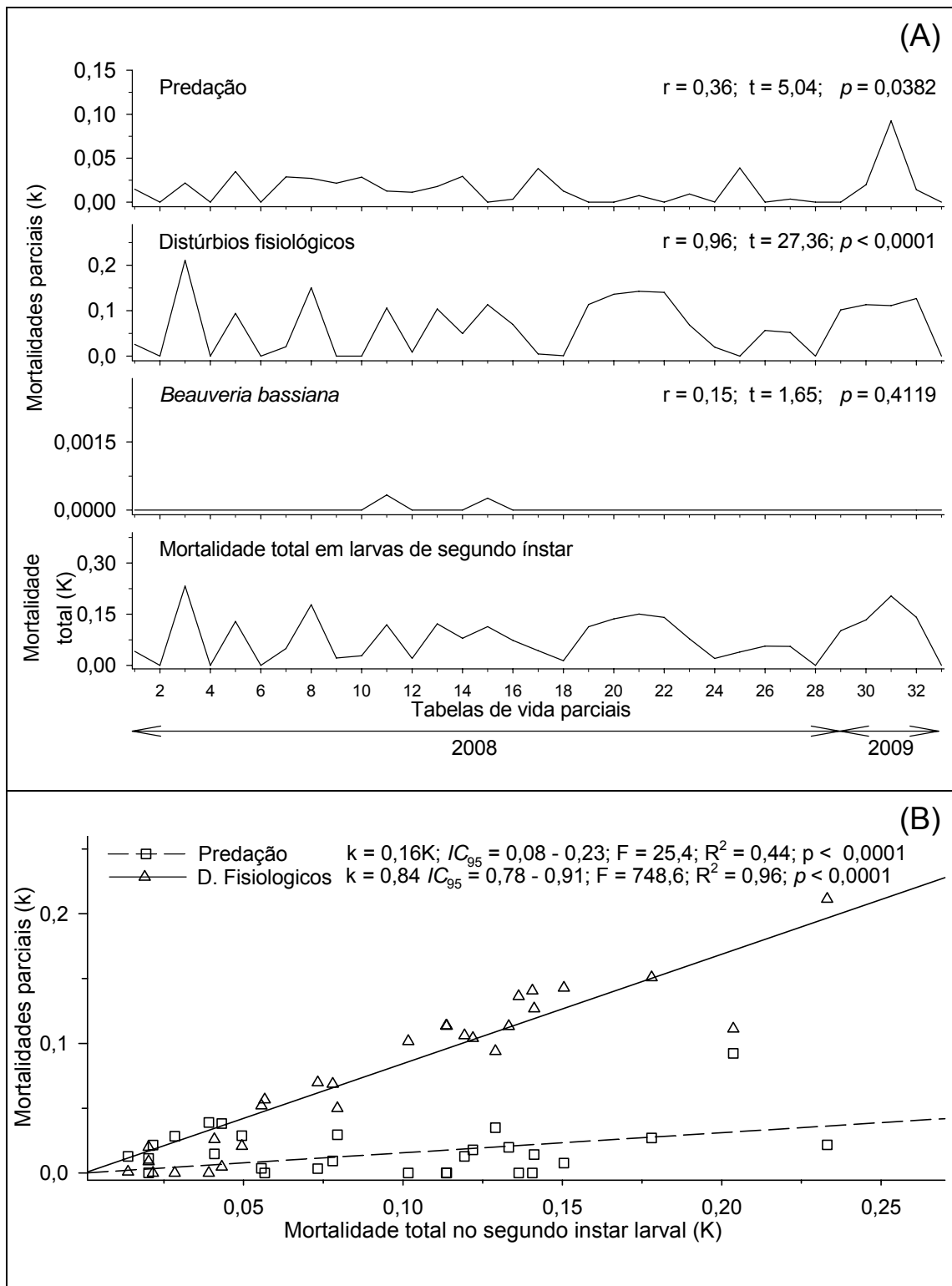


Figura 4. (A) Correlações e (B) curvas das mortalidades parciais em função da mortalidade total no segundo ínstar larval de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

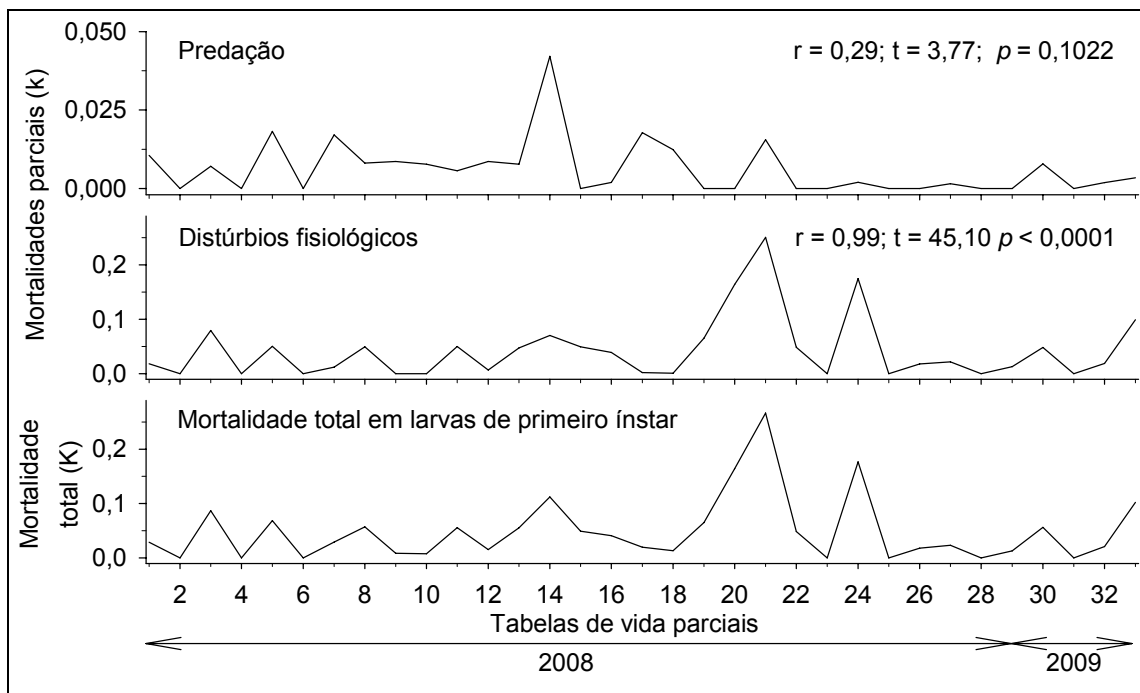


Figura 5. Correlações entre as mortalidades parciais e a mortalidade total no segundo ínstar larval de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

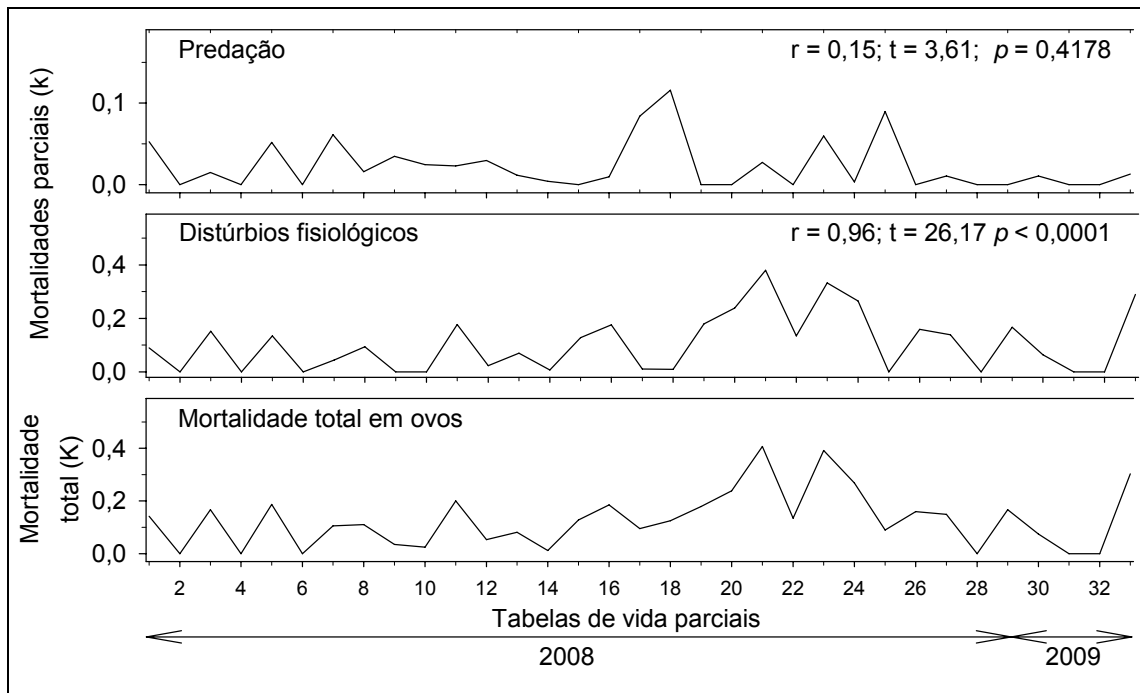


Figura 6. Correlações das mortalidades parciais com a mortalidade total no estágio de ovo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

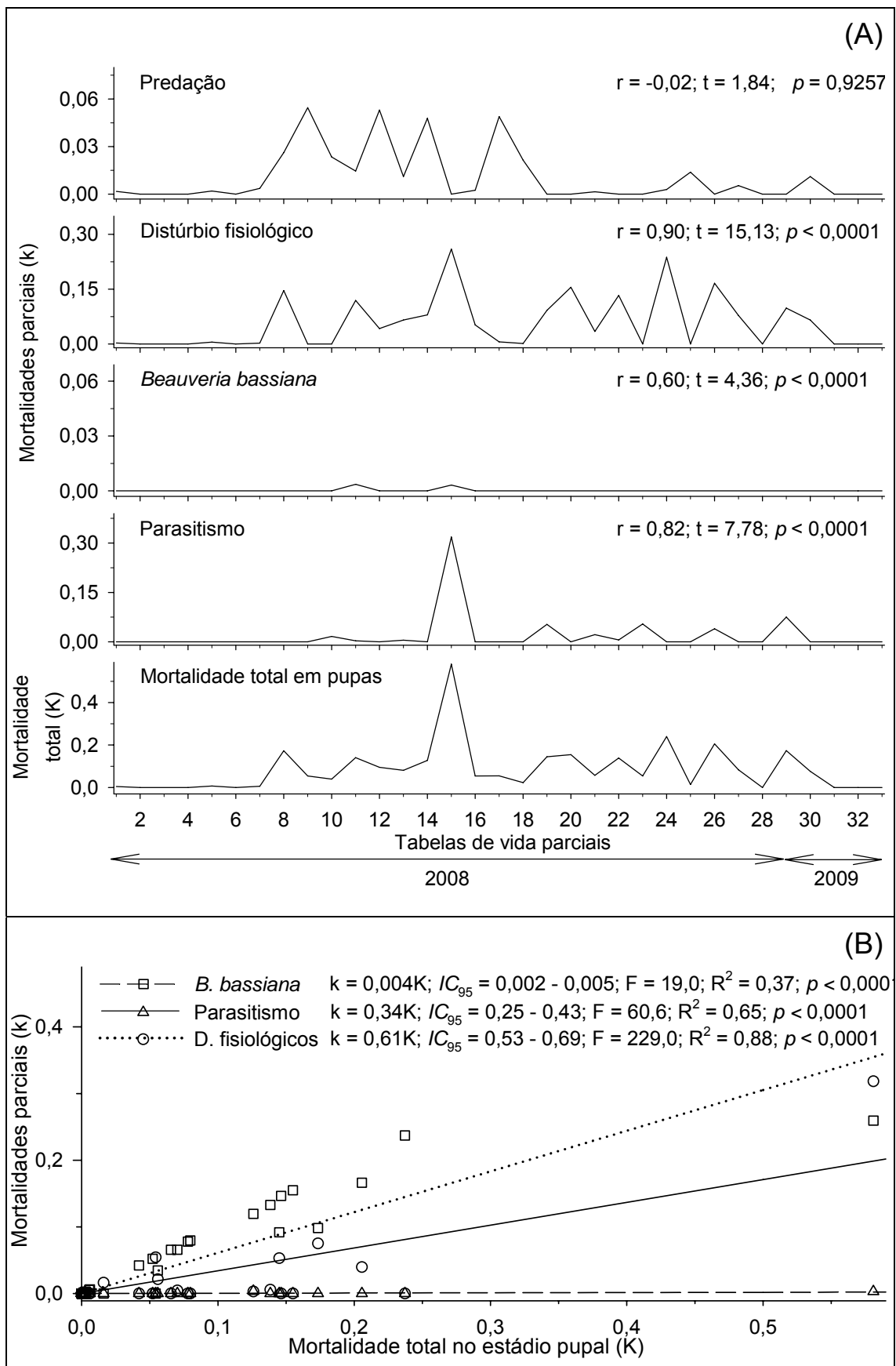


Figura 7. (A) Correlações e (B) curvas das mortalidades parciais em função da mortalidade total no estágio de pupa de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Viçosa, MG. 2008 e 2009. IC_{95} = intervalo de confiança do coeficiente angular da curva a 95% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

Este trabalho mostra que a variação da mortalidade de *H. hampei* é regulada por fatores que atuam de forma diferenciada nos diversos estádios do ciclo de vida deste inseto-praga. O conhecimento do estágio do ciclo de vida da praga em que atua o fator de mortalidade e de sua magnitude é fundamental em estudos de dinâmica de populações e no desenvolvimento de eficientes sistemas de manejo de pragas (Bacci, 2006).

Análises dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade são amplamente utilizadas em estudos de tabelas de vida ecológicas. O estágio de *H. hampei* mais vulnerável aos fatores de mortalidade foi o estágio larval, sobretudo de larvas de terceiro ínstar (que constitui o ínstar crítico de mortalidade da broca do café). A constatação do estágio larval como o estágio crítico de mortalidade de *H. hampei* pode estar associado ao maior tempo que este inseto passa na fase de larva. Ficando assim mais tempo para ação dos fatores de mortalidade. Essa variação das fases e dos fatores que mais influenciam a dinâmica populacional de *H. hampei* em função do seu estágio de desenvolvimento é importante no planejamento de táticas e estratégias a comporem sistemas de manejo integrado desse inseto-praga (Dent, 1991 e 1997). As estratégias e táticas devem ser realizadas de maneira a preservar e/ou incrementar os fatores de mortalidade.

A mortalidade total de *H. hampei* foi cerca de 70%, portanto dos 3229 indivíduos que iniciaram o ciclo de vida apenas 942 originaram adultos finais. Esta mortalidade apesar de alta, proporciona um crescimento populacional da broca do café de cerca de 11,83 vezes ($R_0=12,83$). Daí a importância de complementação do controle natural da broca do café usando-se práticas

culturais, controle biológico aplicado, controle químico e controle comportamental. Assim, o uso de práticas culturais como colheita bem feita e realização de repasse para diminuir a população inicial da praga além da eliminação de lavouras velhas e abandonadas são medidas importante para diminuir a infestação desta praga (Baker, 1984; Brun *et al.*, 1989; Cortez, 1996; Bustillo *et al.*, 1998; Damon, 2000; Soto-Pinto *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2003). Também a adoção de controle artificial utilizando-se inseticidas no período de trânsito das fêmeas dos frutos da safra anterior para os novos frutos (Brun *et al.*, 1989) e adoção de controle biológico com o uso de parasitóides (Barrera, 1994; Benassi, 1995; Infante *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2004; Castillo; Infante; Vera-Graziano *et al.*, 2004; Chiu-Alvarado *et al.*, 2009) e de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Bustillo & Posada, 1996; De La Rosa *et al.*, 2000; Bustillo *et al.*, 2002; Samuels *et al.*, 2002) contribuirá para complementação deste controle natural de *H. hampei* nas lavouras de café. Além disto, vislumbra-se atualmente o uso de armadilhas contendo atraentes para captura de fêmeas adultas da broca do café na entressafra (Giordanengo; Brun, Frearot, 1993; Mathieu *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2006).

Nos estádios do ciclo de vida de *H. hampei* as maiores mortalidades ocorreram nas fases larval e de ovos. Apesar da alta mortalidade na fase de ovo, neste estágio, a mortalidade não se correlacionou com a mortalidade total. Portanto, mesmo com alta variação da mortalidade total, a mortalidade na fase de ovo foi semelhante nas épocas do ano e em diferentes lavouras. Fato este, que demonstra que os fatores de mortalidade da fase de ovo são de difícil manipulação em programas de manejo integrado de pragas, já que esta é difícil de ser alterada (Naranjo, 2007; Cornell & Hawkins, 1995).

As populações de insetos fitófagos respondem no tempo e espaço a uma série de fatores de mortalidade natural, gerando variação sazonal e espacial de suas abundâncias. Os fatores de mortalidade de *H. hampei* foram os predadores, parasitóides, fungos entomopatogênicos e problemas fisiológicos. Os predadores foram formigas e percevejos da família Anthocoridae e estes atuaram sobre ovos, larvas e pupas. Estes insetos são relatados na literatura como importantes predadores da broca. Entre os principais predadores da broca tem-se as formigas dos gêneros *Wasmannia*, *Solenopsis* e *Brachymyrmex* que podem representar cerca de 90% do total da população de predadores da broca do café (Vera-Montoya *et al.*, 2007).

Para realização da predação as formigas aumentam o diâmetro do orifício de entrada da broca nos frutos e penetram nestes (Benassi, 1995). Foram encontrados nos frutos de café colônias de formigas com 200 a 600 indivíduos entre ovos, larvas, pupas e adultos. Também foram observadas neste trabalho formigas isoladas predando a broca do café. Nos frutos onde foram observadas formigas encontrou-se resquícios de larvas e de pupas da broca confirmando assim a predação da broca por estes insetos.

A ocorrência de predação nos estádios imaturos da broca do café se deve, possivelmente, a menor mobilidade e proteção do inseto nestes estádios. Assim a dureza e espessura da camada de cutícula quitinizada dos adultos da broca e estratégias de defesa contra a predação como a liberação de repelentes, deterrentes e feromônio de alarme por fêmeas ou comportamento defensivo que ocorrem em adultos de desse inseto (Sears *et al.*, 2001) pode ter dificultado a predação do inseto nesta fase. Já a broca do café nos estádios imaturos sofreu alta predação por não ter capacidade de sair dos frutos e não possuir proteção contra estes inimigos naturais.

Outra defesa contra a predação presente no adulto da broca do café está relacionado com o sequestro de substâncias tóxicas em insetos (Dussourd, 1993). As substâncias tóxicas presentes no cafeeiro, principalmente nas sementes, são nocivas para vários insetos que estão associados ao cafeeiro, não afetando o desenvolvimento da broca do café. Este processo pode ocorrer devido ao processo de bioacumulação de substâncias tóxicas.

O único parasitóide observado parasitando a broca do café foi a vespa de Uganda, *P. nasuta*. Este exoparasitóide foi observado controlando larvas de 3º instar e, sobretudo, pupas com uma taxa de parasitismo baixa ($MM= 3,29\%$). Segundo (Hopper & Roush, 1993), condições climáticas adversas, baixa variabilidade genética das populações do parasitóide, baixa capacidade de procura do parasitóide, competição com organismos nativos, toxicidade dos pesticidas usados na cultura e as práticas culturais empregadas podem contribuir para a ineficiência de inimigos naturais exóticos introduzidos em programas de controle biológico clássico como *P. nasuta*.

A baixa eficiência no parasitismo de *P. nasuta* está relacionada à sua característica reprodutiva. *P. nasuta* é um parasitóide específico onde os estádios de larva e pupa de *H. hampei* são os únicos hospedeiros. No período da entressafra e início da safra permanecem nos frutos de café apenas

indivíduos adultos da broca-do-café. Esta baixa disponibilidade de hospedeiros na entressafra e no início da safra associada à baixa longevidade dos adultos do parasitóide e a predação dos parasitóides por aranhas e formigas são responsáveis pela baixa eficiência do parasitismo de *P. nasuta* (Infante *et al.*, 2005).

Os fungos entomopatogênicos observados atacando *H. hampei* foram *B. bassiana* e *M. anisopliae*. A infecção fúngica ocorreu apenas em pupas e adultos sendo mais importante no estágio adulto onde se encontrou as duas espécies de fungos. A mortalidade causada por estes fungos foi baixa (MM de até 7,99%), fato este que pode ser atribuído ao comportamento das fêmeas adultas de *H. hampei* que permanecem vedando o orifício de entrada dos frutos de café, o que dificultaria a entrada de esporos dos fungos. Esta baixa mortalidade da broca-do-café causada por *B. bassiana* contradiz a literatura atual onde este fungo é relatado como principal agente de controle natural da broca do café (De la Rosa *et al.* 1995, 1997; Murphy e Moore, 1990) porém a mortalidade natural da broca-do-café devido à infecção fúngica por *B. bassiana* é baixa.

A abundância dos insetos pode ser regulada de baixo para cima (regulação “bottom-up”) (Hunter *et al.*, 1992; Power, 1992; Price, 1992), devido às defesas e nutrientes das plantas (Kearsley & Whitham, 1989; Roininen *et al.*, 1993; Spiegel & Price, 1996; Karban & Thaler, 1999). Dessa forma, características da planta de café podem afetar a performance e mortalidade de *H. hampei* 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).

Plantas de café são ricas em compostos presentes nos frutos como hidrocarbonetos, aldeídos, monoterpenos, cetonas, furanos, ésteres e álcoois alcalóides como a cafeína, os flavonóides, ácidos clorogênicos e neoclorogênicos, pirazinas e cumarinas (Ortiz *et al.*, 2004, Zuluaga *et al.*, 1971; Naccache & Dietrich, 1985). Estes compostos podem estar associados à defesa da planta e mortalidade a *H. hampei*.

Plantas de café são altamente defendidas por metabólitos secundários de defesa, principalmente de seus frutos que compõe a fração mais importante do

cafeeiro para a planta. Cerca de 3000 espécies de insetos estão associados ao cafeeiro, destes insetos apenas quatro evoluíram para se desenvolver alimentando-se de frutos de café. Dentre estes insetos que se alimentam do fruto do café, apenas a broca-do-café conseguiu migrar para fora do continente africano (Waller *et al.*, 2007), sendo hoje o único inseto que se encontra alimentando-se do fruto do café em todos os continentes. Este sucesso em se desenvolver alimentando-se apenas de frutos de café indica que estes compostos produzidos pela planta de café podem estar sendo utilizados pela broca em sua nutrição ou atração como voláteis terpenos, sesquiterpenos, compostos oxigenados e são liberados pelo café frutos em diferentes fases de maturação (Giordanengo; Brun, Frérot, 1993; Mathieu *et al.*, 1998).

Para os insetos os nutrientes limitantes na alimentação são proteínas e os aminoácidos (Joern, A. & Behmer, S. T., 1998). Como a cafeína possui quatro átomos de nitrogênio em sua molécula, parte deste alcalóide pode ser utilizado como fonte nutricional por *H. hampei* (Guerreiro *et al.*, 2003). Isso sugere que no processo evolutivo o broca do café respondeu evolutivamente a produção destes metabólitos secundários do cafeeiro.

Como dito anteriormente, alguns fatores como a má nutrição dos insetos e aleloquímicos produzidos pela planta podem estar relacionados com a mortalidade por distúrbios fisiológicos em insetos fitófagos através de alterações nos mensageiros neurais e hormonais dos mesmo a. A má nutrição ocorre principalmente no período de entressafra devido modo como o café é cultivado e colhido no Brasil.

O sistema de cultivo de café no Brasil consiste em uma colheita anual que ocorre quando 80% dos frutos estão maduros (Cortez, 1996; Nogueira *et al.*, 2005). Durante a colheita muitos frutos caem no solo e não são retirados da área devido ao alto custo que esta prática agrícola representa ao produtor além da baixa qualidade da bebida produzida por estes frutos. Estes frutos servem de alimentos para a broca após a colheita mesmo sofrendo deterioração por estarem no solo que é um ambiente rico em organismos decompositores. Devido a esta decomposição o fruto de café sofre uma perda na sua qualidade nutricional o que diminui a qualidade do alimento para a broca do café deixando as sementes impróprias para o consumo pela broca do café (Mathieu, *et al.*, 1997).

Além da inviabilidade de ovos causada pela má nutrição das fêmeas, a defesa por metabólitos secundários da planta pode explicar a não eclosão dos ovos e os problemas fisiológicos das larvas. A biossíntese dos metabólitos secundários se iniciam pela reação de metabólitos primários através de catalisadores e podem ser influenciados diretamente pelo estado nutricional da planta assim como estresses bióticos e abióticos (Panda & Khush, 1995) que modificam a quantidade dos aleloquímicos, o que conseqüentemente, influenciará o comportamento de outros organismos no ecossistema (Bennett & Wallsgrave, 1994). Segundo a teoria da otimização defensiva órgãos mais valiosos para a planta são mais defendidos por esta, portanto sementes, flores e folhas novas devem ser bastante defendidas pela planta (McKey, 1974). Uma das formas de defesa da semente de café é a produção de cafeína, um alcalóide tóxico para inúmeros insetos.

Entre os diversos compostos presentes em plantas de café, mais especificamente no fruto, os hidrocarbonetos, aldeídos, monoterpenos cetonas, furanos, ésteres e álcoois são comumente encontrados (Ortiz *et al.*, 2004), porém outros compostos fazem parte deste conjunto de defesas químicas do café, entre eles tem-se os alcalóides como a cafeína, os flavonóides, ácidos clorogênicos e neoclorogênicos, pirazinas e cumarinas (Zuluaga *et al.*, 1971; Naccache & Dietrich, 1985). A produção destes compostos varia na planta tanto em sua concentração como no tipo de composto produzido de acordo com seu estado nutricional, além de estresses bióticos e abióticos. O ataque da broca do café ao fruto é um estresse que pode estar estimulando a produção destes compostos e afetando a sobrevivência de ovos e larvas.

Algumas práticas agrícolas podem ser adotadas para diminuir o ataque de pragas sendo aplicadas no manejo da broca do café. Entre as principais praticas estão uma nutrição balanceada do cafeeiro. A adubação desequilibrada pode ser favorável a muitas espécies fitófagas (Busch & Phelan, 1999; Leite *et al.*, 2006). Portanto, plantas com um estado nutricional balanceado podem afetar a fecundidade de ovos, desenvolvimento e longevidade dos insetos.

Outro aspecto importante do estágio larval (sobretudo as larvas de último ínstar) ser o determinante do tamanho populacional da broca do café é o fato deste resultado possibilitar o entendimento do insucesso de muitos métodos de controle até então utilizados contra este inseto. Neste contexto se insere o uso de inseticidas de baixo poder residual como organofosforados e

neonicotinóides. Este resultado também explica o sucesso do uso do organoclorado endossulfan no controle da broca do café. Já que devido ao seu alto período residual possivelmente ele permanece no ambiente até o surgimento das larvas controlando-as reduzindo assim o tamanho da população de *H. hampei* já que este é o estágio crítico de mortalidade do inseto.

Dentre os fatores de mortalidade, os causados por predadores e problemas fisiológicos foram os mais importantes. Além disso, se não ocorressem os problemas fisiológicos e a ação de predadores na fase crítica a mortalidade que deixaria de acontecer seria de 1,89% e 3,53% respectivamente. Uma vez que os predadores representam um fator importante de regulação populacional da broca do café. O controle biológico conservativo deve ser uma tática considerada. Neste contexto é importante a preservação de formigas predadoras e de percevejos da família Anthocoridae que foram os predadores observados controlando a broca do café. Dessa forma, o nível populacional dos inimigos naturais deve ser considerado na tomada de decisão de controle das pragas e doenças do cafeeiro, a fim de preservar ou aumentar a ação benéfica desses organismos no agroecossistema. Neste contexto se insere o uso de pesticidas granulados sistêmicos no solo para o controle de pragas e doenças do cafeeiro. Assim estes pesticidas podem ter impacto sobre as populações destes predadores já que muitas das espécies de formigas predadoras possuem seus ninhos no solo (Armbrecht & Gallego, 2007) e os percevejos predadores succionam a seiva da planta (onde ocorre a translocação de produtos sistêmicos) para obterem água, sais minerais, nutrientes e precursores hormonais (Wade *et al.*, 2008).

Com relação aos distúrbios fisiológicos ser um fator determinante do tamanho da população da broca do café. Uma medida que poderia ser adotada para maximizar a ação deste fator seria a adoção de cultivares resistentes. Estas variedades podem ser obtidas por processo de melhoramento convencional ou mesmo por transgenia. Segundo Ishimoto & Kitamura (1989) o desenvolvimento de variedade de feijão geneticamente modificada contendo maior concentração do inibidor de amilase (α AI-1) nos grãos seria uma ação eficiente no controle de pragas. Este inibidor impede o desenvolvimento larval inibindo a digestão de amido em larvas. A produção de plantas de café geneticamente modificadas contendo inibidor de amilase (α AI-1) poderia inibir o

crescimento larval da broca-do-café. Outra prática que também pode influenciar positivamente a ocorrência de maior mortalidade por distúrbios fisiológicos é o uso de nutrição adequada da planta. Toxinas produzidas pela planta, e que podem promover este efeito sobre os insetos, são influenciadas pelo estado nutricional das plantas (Busch & Phelan, 1999; Leite *et al.*, 2006).

Assim, este trabalho proporciona uma base importante para a compreensão da dinâmica populacional e potenciais mudanças na regulamentação do sistema para melhorar o manejo deste inseto. Tal como referido anteriormente, uma vez estabelecida em cafeeiros, as populações estão sujeitas a agentes reguladores. Os fatores naturais de controle (sobretudo problemas fisiológicos e predadores) atingem cerca de 70% de mortalidade por geração de *H. hampei*. Esta mortalidade apesar de alta não consegue diminuir a população de *H. hampei*, sendo necessária, nas condições experimentais, mortalidades maiores que 97,72% para controlar de forma eficaz a praga. Em média, pelo menos outros 26% de mortalidade insubstituível é necessária para alcançar o um nível populacional que não cause dano econômico. Na ausência de quaisquer efeitos, diretos ou indiretos, a densidade-dependente da mortalidade, é o fator que gera um grande impacto na maior sobrevivência de pragas (Morris, 1957). Para o *H. hampei*, a mortalidade seria mais influenciada se estes efeitos ocorressem no estágio larval (sobretudo o 3º ínstar). Assim, o aumento da predação e distúrbios fisiológicos de *H. hampei* seria muito útil em programas de manejo da broca do café.

5. CONCLUSÕES

- ✓ Os fatores de perda populacional natural de *H. hampei* são distúrbios fisiológicos, predação, parasitismo, e fungos entomopatogênicos.
- ✓ O estágio crítico de mortalidade de *H. hampei* é o de larvas, sobretudo as larvas de terceiro ínstar.
- ✓ Os fatores-chave de mortalidade são os distúrbios fisiológicos de larvas, sobretudo larvas de terceiro ínstar, seguida pela mortalidade causada por predação neste ínstar.
- ✓ Os predadores-chave da broca do café são formigas e percevejos da família Anthocoridae

6. LITERATURA CITADA

- Armbrecht, I. & Gallego, M. C. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.124, n.3, p.261-267. 2007.
- Baker, P. S. Some aspects of the behaviour of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). **Folia Entomologica Mexicana**, v.61, p.9–24. 1984.
- Barrera, J. F. **Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), au Chiapas, Mexique.** (Ph.D. thesis). Université Paul Sabatier Toulouse, France, 1994. 301 p.
- Basso, I. V.; Link, D.; Lopes, O. J. Entomofauna de algumas solanáceas em Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Revista Centro de Ciências Rurais**, v.4, n.3, p.263-270. 1974.
- Bellows, T. S.; Driesche, R. G.; Elkinton, J. S. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. **Annual Review Entomology**, v.37, n.1, p.587-614. 1992.
- Benassi, V. L. R. M. Levantamento dos inimigos naturais da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae), no norte do Espírito Santo. **Anais da Sociedade Entomologica d Brasil**, v. 24, n.1, p.635-638. 1995.
- Benavides, P.; Vega, F. E.; Romero-Severson, J.; Bustillo, A. E.; Stuart, J. J. Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.98, n.3, p.359-366. 2005.
- Bennett, R. N. & Wallsgrove, R. M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. **New Phytologist**, v.127, n.1, p.617-633. 1994.

- Brun, L. O.; Marcillaud, C.; Gaudichon, V.; Suckling, D. M. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Journal of Economic Entomology**, v.82, n.5, p.1311-1316. 1989.
- Busch, J. W. & Phelan, L. Mixture models of soybean growth and herbivore performance in response to nitrogen-sulphur-phosphorus nutrient interactions **Ecological Entomology**, v.24, n.1, p.132-145. 1999.
- Bustillo, A. E.; Bernal, M. G.; Benavides, P.; Chaves, B. Dynamics of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* infecting *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) populations emerging from fallen coffee berries. **Florida Entomological**, v.82, n.1, p.491-498. 1999.
- Bustillo, A. E.; Cárdenas, R.; Posada, F. J. Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. **Neotropical Entomology**, v.31, n.4. 2002.
- Bustillo, A. E.; Cárdenas, R.; Villalba, D.; Benavides, P.; Orozco, J.; Posada, F. J. **Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) em Colombia**. Chinchiná, Colômbia: Cenicafé. 1998. 134 p.
- Bustillo, A. E. & Posada, J. F. El uso de entomopatógenos en el control de la broca del café en Colombia. **Manejo Integrado de Plagas**, v.42, n.1, p.1-13. 1996.
- Carey, J. R. The multiple decrement life table: a unifying framework for cause-of-death analysis in ecology. **Oecologia**, v.78, n.1, p.131-137. 1989.
- Carey, J. R. Insect biodemography. **Annual Review Entomology**, v.46, n.1, p.79. 2001.
- Castillo, A.; Infante, F.; López, G.; Trujillo, J. Laboratory parasitism by *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) upon non-target bark beetles associated with coffee plantations. **Florida Entomologist**, v.87, p.274-277. 2004.
- Castillo, A.; Infante, F.; Vera-Graziano, J.; Trujillo, J. Host discrimination by *Phymastichus coffea*, a parasitoid of the coffee berry borer. **Biological Control**, v.49, n.1, p.655-663. 2004.
- Chapman, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge: Cambridge University. 1998. 700 p.
- Chiu-Alvarado, P.; Barrera, J. F.; Rojas, J. C. Attraction of *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae), a parasitoid of the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae), to host-associated olfactory cues. **Entomological Society of America**, v.102, n.1, p.167-173. 2009.
- Cortez, J. G. **Melhoramento da qualidade do café brasileiro: influência de sistemas de produção e processamento sobre algumas características da bebida**. (Mestrado). Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1996. 49 p.

- Damon, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v.90, p.453–465. 2000.
- De La Rosa, W.; Alatorre, R.; Barrera, J. F.; Toriello, C. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. **Journal of Economic Entomology**, v.93, n.5, p.1409-1414. 2000.
- Dias, B. A.; Neves, P. M. O. J.; Furlaneto-Maia, L.; Furlaneto, M. C. Cuticle-degrading proteases produced by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in the presence of coffee berry borer cuticle. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.39, n.2, p.301-306. 2008.
- Durham, S. Stopping the coffee berry borer from boring into profits. **Agricultural Research magazine**, v.52, p.10-11. 2004.
- Dussourd, D. E. Foraging with finesse: caterpillar adaptations for circumventing plant defenses. In: Stamp, N. E. & Casey, T. M. (Ed.). **Caterpillars – Ecological and evolutionary constraints on foraging**. New York: Chapman & Hall, 1993. Foraging with finesse: caterpillar adaptations for circumventing plant defenses, p.92-131
- Fernández, S. & Cordero, J. Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytinae) en condiciones de laboratorio. **Bioagro**, v.19, n.1, p.35-40. 2007.
- Ferreira, A. J.; Miranda, J. C.; Bueno, V. H. P.; Ecole, C. C.; Carvalho, G. A. Bioecologia da broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), no agroecossistema cafeeiro do cerrado de minas gerais. **Ciência agrotécnica**, v.27, n.2, p.422-431. 2003.
- Giordanengo, P.; Brun, L. O.; Frearot, B. Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry bore, *Hypothenemus hampei*, by coffee berries. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, n.4, p.763-769. 1993.
- Giordanengo, P.; Brun, L. O.; Frérot, B. Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* by coffee berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.19, n.1, p.763-769. 1993.
- Gonring, 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, n.3, p.361-366. 2003.
- Guerreiro, O. F.; Mazzafera, P. F.; Mazzafera, P. Caffeine and resistance of coffee to the berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.1, p.6987-6991. 2003.
- Harcourt, D. G. The development and use of life tables in study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.14, n.6, p.22. 1969.

- Hopper, K. R. & Roush, R. T. Mate finding, dispersal, number released, and the success of biological control introductions. **Ecological entomology**, v.18, n.4, p.321-331. 1993.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26/05/2009.
- Idown, O. L. Comparative survival of the coffee berry borer, *Hypothenemus (Stephanoderis) hampei* (Ferr.) under two microhabitats of *Coffea canephora* in southern Nigeria. **Association for Science and Information on Coffee, 9^e Colloque, London**. 1980.
- Infante, F.; Mumford, J.; Baker, P. S. Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. **BioControl**, v.59, n.1, p.259-270. 2005.
- Infante, F.; Mumford, J.; Garcia, B. A. Predation by native arthropods on the African parasitoid *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) in coffee plantations in Mexico. **Florida Entomologist**, v.86, n.1, p.86-88. 2003.
- Jaramillo, J.; Chabi-Olaye, A.; Hans-Michael, P.; Kamonjo, C.; Borgemeister, C. Development of an improved laboratory production technique for the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, using fresh coffee berries. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.130, n.3, p.275-281. 2009.
- Klein-Koch, C.; Espinoza, O.; Tandazo, A.; Cisneros, P.; Delgado, D. Factores naturales de regulación y control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). **Sanidad Vegetal**, v.3, n.1, p.5-30. 1988.
- Lachaud, G. P.; Hardy, I. C. W.; Lachaud, J. P. Insect gladiators: competitive interactions between three species of bethylid wasps attacking the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) **Biological Control**, v.25, p.231-238. 2002.
- Le Pelley, R. H. **Pests of coffee**. London, v.1. 1968. 590 p.
- Leefmans, S. The coffee berry borer, *S. hampei*. L. Life history and ecology. **Meded van het Instituut Plantenz**, v.57, n.1, p.61-67. 1923.
- Leite, G. L. D.; Picanço, M. C.; Guedes, R. N. C.; Ecoléi, C. C. Fatores que afetam o ataque de *Bemisia tabaci* em pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1241-1245. 2006.
- Mathieu, F.; Brun, L. O.; Frerot, B. Factors related to native host abandonment by the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera. Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, v.121, n.3, p.175 - 180. 1997.
- Mathieu, F.; Brun, L. O.; Frerot, B.; Suckling, D. M.; Frampton, C. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, v.123, n.1, p.535-540. 1999.

- Mathieu, F.; Brun, L. O.; Marchillaud, C.; Frérot, B. Trapping of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae) within a mesh-enclosed environment: interaction of olfactory and visual stimuli. **Journal of Applied Entomology**, v. 121, n.3, p.181–186. 1997.
- Mathieu, F.; Gaudichon, V.; Brun, L. O.; Frerot, V. Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization. **Physiological Entomology**, v.26, n.1, p.189-193. 2001.
- Mathieu, F.; Malosse, C.; Frérot, B. Identification of the volatile components released by fresh coffee berries at different stages of ripeness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.1, p.1106-1110. 1998.
- MAPA. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 24/03/2009
- Miranda, M. M. M.; Picanço, M.; Zanuncio, J. C.; Guedes, R. N. C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.8, n.4, p.597-606. 1998.
- Moore, D. & Prior, C. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. **Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases**, v.1, p.1119–1124. 1988.
- Morallo-Rejesus, B. & Baldos, E. The biology of the coffee borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Scolytidae, Coleoptera). **Philippine Entomologist**, v.4, n.1, p.303-316. 1980.
- Morris, R. F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v.32, n.1, p.16-21. 1963.
- Muñoz, R. Ciclo biológico y reproducción partenogenética del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). **Turrialba**, v.39, n.3, p.415-421. 1989.
- Naccache, V. M. & Dietrich, S. M. C. Changes in phenols and oxidative enzymes in resistant and susceptible *Coffea arabica* inoculated with *Hemileia vastatrix* (coffee rust). **Revista Brasileira de Botânica**, v.8, n.1, p.185-190. 1985.
- Naranjo, S. E. & Ellsworth, P. C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.116, n.2, p.93-108. 2005.
- Nogueira, A. M.; Carvalho, S. P.; Bartholo, G. F.; Mendes, A. N. G. Avaliação da maturação dos frutos de linhagens das cultivares Catuaí Amarelo e Catuaí Vermelho (*Coffea arabica* L.) plantadas individualmente e em combinações. **Ciência agrotécnica**, v.29, n.1, p.18-26. 2005.
- Ortiz, A. R.; Ortiz, A. F.; Vega, F. E.; Posada, F. Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). **Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.1, p.5914-5918. 2004.

- Panda, N. & Khush, G. S. **Host plant resistance to insects**. Wallingford: CAB International. 1995. 431 p.
- Pascalet, P. La lutte biologique contre *Stephanoderes hampei* ou scolyte du cafeier au Cameroun. **Revue du Botanique Appliquee & d'Agriculture Tropicale**, v.19, n.1, p.753-764. 1939.
- Pérez-Lachaud, G.; Hardy, I. C. W.; Lachaud, J. P. Insect gladiators: competitive interactions between three species of bethylid wasps attacking the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Biological Control**, v.25, n.1, p.231-238. 2002.
- Peterson, R. K. D.; Davis, R. S.; Higley, L. G.; Fernandes, O. A. Mortality risk in insects. **Environmental Entomology**, v.38, n.1, p.2-10. 2009.
- Podoler, H. & Rogers, D. New method for identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, n.1, p.85-114. 1975.
- Rabinovich, J. E. **Ecologia de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978
- Romani, S.; Sacchetti, G.; López, C. C.; Pinnavaia, G. G.; Rosa, M. D. Screening on the occurrence of ochratoxin A in green coffee beans of different origins and types. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.3616-3619. 2000.
- Samuels, R. I.; Pereira, R. C.; Gava, C. A. T. Infection of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) by brazilian isolates of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). **Biocontrol Science and Technology**, v.12, n.5. 2002.
- Sears, A. L. W.; Smiley, J. T.; Hilker, M.; Müller, F.; Rank, N. E. Nesting behavior and prey use in two geographically separated populations of the specialist wasp *Symmorphus cristatus* (Vespidae: Eumeninae). **The American Midland Naturalist**, v.145, n.2, p.233-246. 2001.
- Silva, F. C.; Ventura, M. U.; Morales, L. Capture os *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) in response to trap characteristics. **Scientia Agrícola**, v.63, n.6, p.567-571. 2006.
- Sloggett, J. J. & Lorenz, M. W. Egg composition and reproductive investment in aphidophagous ladybird beetles (Coccinellidae : Coccinellini): egg development and interspecific variation. **Physiological Entomology**, v.33, n.3, p.200-208. 2008.
- Soto-Pinto, L.; Perfecto, I.; Caballero-Nieto, J. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems**, v.55, n.1, p.37-45. 2002.
- Southwood, T. R. E. & Henderson, P. **Ecological methods**. London: Blackwell Science. 2000. 576 p.

- Ticheler, J. Etude analytique de l'épidémiologie du scolyte des graines de café *Stephanoderis hampei* Ferr. en Cote d'Ivoire. **Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen**, v.61, n.1, p.1-49. 1961.
- Varley, G. C. & Gradwell, G. R. Key factors in population studies. **Journal of Animal Ecology**, v.29, n.2, p.399-401. 1960.
- Varley, G. C.; Gradwell, G. R.; Hassell, M. P. **Insect Population Ecology: An Analytical Approach**. London: Blackwell Scientific Publications. 1973. 212 p.
- Vega, F. E.; Mercadier, G.; Damon, A.; Kirk, A. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Togo and Côte d'Ivoire, and other insects associated with coffee beans. **African Entomology**, v.7, n.1, p.243-248. 1999.
- Vega, F. E. & Posada, F. Coffee insects: ecology and control. **Agricultural Research magazine**, v.1, p.1-4. 2006.
- Vera-Montoya, L. Y.; Gil-Palacio, Z. N.; Benavides-Machado, P. Identificación de enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* en la zona cafetera central colombiana. **Centro Nacional de Investigaciones de Café**, v.58, n.3, p.185-195. 2007.
- Villacorta, A. Ocorrência de *Beauveria* sp. Infectando a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) em lavouras no estado do Paraná. **Anais da Sociedade Entomologica d Brasil**, v.13, n.1, p.177-178. 1984.
- Wade, M. R.; E., H. J.; Zalucki, M. P. Influence of food supplementation on the fitness of two biological control agents: a predatory nabid bug and a bollworm pupal parasitoid. **Journal of Pest Science**, v.81, n.2, p.99-107. 2008.
- Waller, J. M.; Bigger, M.; Hillocks, R. J. **Coffee Pests, Diseases and their Management**. Wallingford: Oxfordshire, v.1. 2007. 400 p.
- Zambolim, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa. 2001
- Zuluaga, V. J.; Valencia, A. G.; Gonzalez, J. Contribucion al estudio de la natureleza de la resistencia del cafeto a *Ceratocystis fimbriata*. **Centro Nacional de Investigaciones de Café**, v.22, n.1, p.43-68. 1971.