

ECOLOGIA, COMPORTAMENTO E BIONOMIA**Fenologia e Dinâmica Populacional da Broca do Café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) Relacionadas às Fases de Desenvolvimento do Fruto**

JOSÉ R. CURE¹, RICARDO H.S. SANTOS², JAIR C. MORAES³,
EVALDO F. VILELA⁴ E ANDREW P. GUTIERREZ⁵

¹Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada,
AA 49300 Santafé de Bogotá, Colômbia.

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa,
36571-000, Viçosa, MG, Brasil.

³Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Lavras.
C. postal 37, 37200-000 Lavras, MG, Brasil.

⁴Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa,
36571-000, Viçosa, MG, Brasil.

⁵Department of Environmental Science, Policy and Management,
University of California at Berkeley, 135 Gianini Hall,
Berkeley, CA 94720, U.S.A.

An. Soc. Entomol. Brasil 27(3): 325-335 (1998)

Phenology and Population Dynamics of the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) in Relation to the Phenological Stages of the Berry

ABSTRACT - The population dynamics of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) was studied in Paula Cândido, Minas Gerais State, Brazil (20° S; 660 m high; 1391 mm rain/year; 18° C average temperature), from November 1992 to May 1993. The following aspects were assessed weekly: phenological development of the fruits (small green, green, beginning maturation, mature, and dry); the number of fruits infested at each developmental stage; and the number of individuals of the borer at each developmental stage (egg, larvae, prepupa, pupa, and adults) present in infested berries. At least three complete generations of the borer were found during fruit development. A right skewed preference function of fruit age describes the attack of the fruits by the borer. After infestation the borer started ovipositing as fruits started maturing. Results suggest that control measures should be taken between the end of one growing season, after harvesting, and the beginning of fruit maturation in the next growing season, targeting adults before oviposition begins.

KEY WORDS: Insecta, Scolytidae, biological control, coffee pests.

RESUMO - A dinâmica populacional da broca do café, *Hypothenemus hampei* Ferrari foi estudada em Paula Cândido, MG, Brasil (20° S; 660 m altitude, 1391 mm precipitação anual média, 18° C temperatura média anual). Semanalmente, de novembro de 1992 a maio de 1993, acompanhou-se: os estádios de desenvolvimento fenológico dos frutos de café (chumbinho, verde, início de maturação, cereja e seco); os números de frutos brocados em cada estágio

fenológico; e o número de indivíduos da broca em cada estágio de desenvolvimento, presentes nos frutos brocados. Verificou-se que existem no mínimo três gerações completas da broca desenvolvendo-se durante o período de formação dos frutos. A preferência da broca para atacar frutos em diferentes estágios de maturação é descrita por uma equação logística em função da idade dos frutos. Depois de infestarem o fruto as fêmeas aguardam até o início da maturação dos frutos para iniciar a oviposição. Os resultados indicam que medidas de controle devem ser dirigidas ao período compreendido entre o final da safra e o início da maturação dos frutos na safra seguinte, atingindo os adultos antes do início da oviposição.

PALAVRAS-CHAVE: Insecta, Scolytidae, Controle Biológico, pragas do cafeeiro.

Do ponto de vista fitossanitário, são três os problemas principais da cafeicultura brasileira: o bicho mineiro, *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Meneville), a ferrugem, *Hemileia vastatrix*, e a broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). As duas primeiras atacam as folhas e a última ataca os frutos. Existem outras pragas e doenças que podem ter importância regional, mas as três mencionadas são de ampla distribuição (Rebeles et al. 1984).

Apesar da preocupação existente em controlar biologicamente a broca, logo após sua introdução no Brasil, em 1913 (Hempel 1934, Bergamin 1943, Toledo 1948), os esforços iniciais foram descontinuados frente a popularização dos inseticidas sintéticos. Este fenômeno aconteceu também em outros países do mundo (Waterhouse & Norris 1989). A broca continua a ser um fator limitante para a cultura de café, porque reduz a produtividade da cultura e, principalmente, deprecia a qualidade do fruto. Em alguns países, como a Colômbia, onde foi introduzida recentemente (1988), esta praga está causando a devastação da produção (Baker 1995).

Visando elaborar estratégias para o manejo da broca, é preciso interrelacionar os conhecimentos sobre a biologia e a dinâmica populacional do inseto com a dinâmica de produção de frutos pela planta e, futuramente, com a dos quatro parasitóides conhecidos, para poder estimar o impacto de cada um deles no controle da praga. Isto implica na análise

conjunta da dinâmica de três níveis tróficos, sob um determinado clima e condições agrônomicas de manejo.

No Brasil, para o controle da broca do café, foram introduzidas a vespa de Uganda, *Prorops nasuta* Waterston, desde 1929 (Hempel 1934), e a vespa do Togo, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, em 1994, pela EMCAPA (Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária) (Benassi 1998). Em vários países, como no México, Equador e Colômbia, tem sido introduzida e encorajada a produção destas duas vespas (Aristizábal et al. 1996, Ramirez 1995, Mendoza et al. 1998). Recentemente, a Federação de Cafeicultores da Colômbia introduziu adultos de *Phymasticus coffeae* LaSalle, parasitóide de adultos da broca (Orozco & Aristizábal 1996), que oferece novas possibilidades para o controle de *H. hampei* (Gutierrez et al. 1998).

Informações quantitativas que permitam relacionar os parâmetros populacionais da dinâmica de produção dos frutos pela planta, com a dinâmica populacional da broca e de seus parasitóides são praticamente inexistentes. Este trabalho visou obter parâmetros necessários à elaboração de um modelo de simulação, para ser utilizado no controle biológico desta praga. Estes parâmetros foram: obtenção em campo de uma curva de preferência para o ataque da broca, em função da idade dos frutos; avaliação da proporção de frutos brocados que

caem ao chão versus frutos não brocados; e quantificação do número de posturas em frutos com diferentes graus de maturação.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado num cafezal com seis anos de idade, espaçamento 1,2 x 3 m, em Paula Cândido, MG, o qual havia sido mantido, por dois anos, sem receber qualquer aplicação de inseticida. O município de Paula Cândido está localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, em região montanhosa, situado a 660 m de altitude e 20^o latitude sul, com média anual de temperatura de 18^o C e precipitação média anual de 1391 mm. A estação mais quente e chuvosa estende-se de setembro a março, na qual as médias de temperatura são superiores a 20^o C. A estação fria e seca, compreendida entre março e setembro, tem temperaturas médias inferiores a 18^o C.

As amostragens foram realizadas depois da florada do café, durante sete meses, nas seguintes datas: 4, 13 e 24 de novembro de 1992; 4, 16 e 22 de dezembro de 1992; 15, 25 e 29 de janeiro de 1993; 4, 11, 18 e 25 de fevereiro de 1993; 17, 24 e 31 de março de 1993; 7, 15, 22 e 28 de abril de 1993; e 5 de maio de 1993. Para a coleta de dados foram utilizadas duas metodologias, aplicadas durante o mesmo período de amostragem:

Metodologia 1: Amostragem Destrutiva de Frutos Brocados. Semanalmente, foram amostrados 20 frutos brocados, em cada uma das cinco fases fenológicas predeterminadas. Estas foram caracterizados da seguinte forma: i - chumbinho, quando o fruto é pequeno (peso seco até, aproximadamente, 0,12 g); ii - verde, quando começa a fase de crescimento rápido do fruto (peso seco até, aproximadamente, 1,2 g); iii - início de maturação, quando o fruto começa a mudar da cor verde para a amarela; iv - cereja, quando o fruto está maduro e apresenta cor vermelha; v - seco, quando o fruto perde o brilho e apresenta cor café.

Os frutos, uma vez colhidos, foram

levados para o laboratório e dissecados, registrando-se os diferentes estágios da broca presentes (número de ovos, larvas, prepupas, pupas e adultos).

Metodologia 2: Desenvolvimento dos Frutos. Realizou-se uma seqüência de amostragens não destrutivas em sete plantas de café, em cada uma das quais marcaram-se três ramos em início de floração, situados na copa, parte média e saia do cafeeiro. Uma vez desenvolvidos os primeiros frutinhos (chumbinho), contou-se o número de nós existentes em cada um dos ramos e o número de nós produtivos (rosetas). Cada roseta foi numerada e anotada sua posição no ramo. Semanalmente, fez-se o acompanhamento das 150 rosetas existentes nesses ramos, registrando-se o número de frutos por roseta, o seu estado de maturação (da mesma forma que na Metodologia 1), e a presença ou ausência de orifício de penetração da broca. Ao final do ciclo de produção, todos os frutos foram colhidos, conservando a informação sobre a roseta respectiva. Posteriormente, os frutos foram dissecados no laboratório e anotado o número de indivíduos dos diferentes estágios da broca.

Todas as folhas dos ramos marcados foram removidas ao final da colheita, determinando-se o seu peso seco e a sua área foliar. Após a colheita, foi realizada uma coleta de frutos sobre o solo, determinando-se a percentagem de frutos brocados.

Resultados

Amostragem Destrutiva de Frutos Brocados. A fonte inicial do inóculo provém dos frutos secos que permaneceram da colheita anterior (Fig. 1). Assim, em 4 de novembro, quando a maior parte dos frutos estavam no estado chumbinho (Fig. 2a), somente nos frutos secos, da safra anterior, foram encontrados frutos brocados, com uma média por fruto de 3,1 ovos, 3,3 larvas, 1,2 prepupa, 2,6 pupas e 13,3 adultos, totalizando 23,4 indivíduos por fruto. Na amostragem seguinte, realizada em 13 de novembro, já

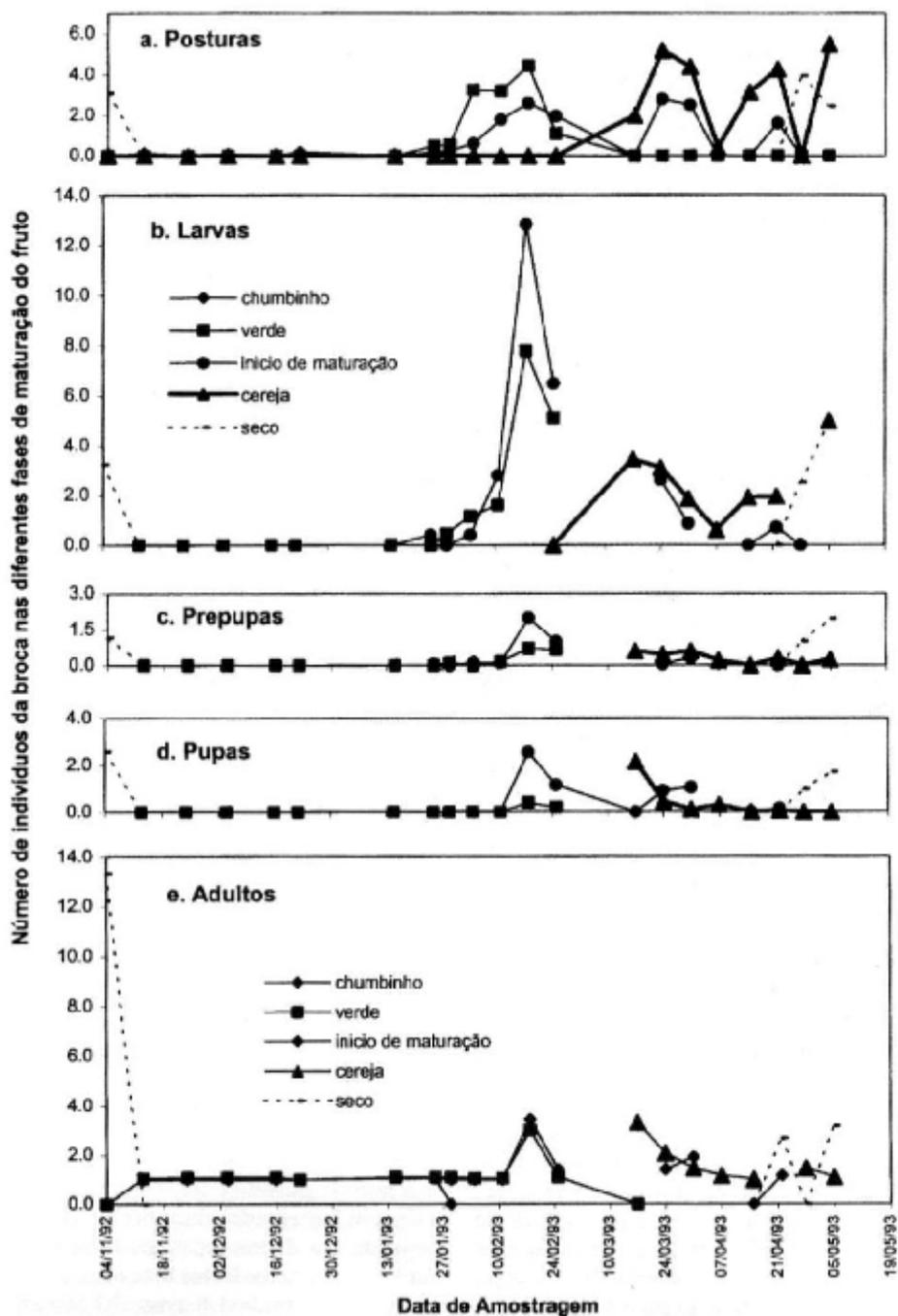


Figura 1. Número médio de indivíduos de *Hypothenemus hampei* por fruto de café nas diferentes fases fenológicas, Paula Cândido, MG. 1992/93.

nota-se a existência de frutos brocados nos estádios chumbinho e verde, na proporção de 1,0 adulto por fruto no chumbinho e de 1,1 adulto por fruto no verde. É de se notar, nessa amostragem, a existência de 0,2 ovos por fruto brocado no estado chumbinho, o que seguramente indica uma alta procura de frutos para oviposição, num momento de baixa oferta de frutos adequados para as posturas. Algo semelhante pode ser apreciado na amostragem de 22 de dezembro, onde também

em frutos verdes como em frutos em início de maturação. Um mês depois do aparecimento destas posturas observou-se o maior número de larvas, pré-pupas, pupas e adultos nos frutos verdes e nos frutos em início de maturação. Isto é explicável porque o intervalo de amostragem, de uma semana, não permite discernir, de forma precisa, as diferenças no tempo entre estados que têm curta duração e que, portanto, aparecem sobrepostos na Fig. 1. Por exemplo, as larvas

Tabela 1. Número total de frutos e percentagem brocados por *Hypothenemus hampei* ao longo da amostragem (número inicial = 900 frutos tipo chumbinho), Paula Cândido, MG. 1992/93.

Data da Observação	Graus dia ¹	Número dias ²	Total de frutos	% brocado
4/11/92	49	27	880	0
13/11/92	145	40	826	2
24/11/92	243	51	836	3
4/12/92	402	61	824	3
16/12/92	546	73	817	5
22/12/92	624	79	821	7
5/1/93	809	93	823	8
14/1/93	931	102	816	8
25/1/93	1074	113	819	9
29/1/93	1126	117	814	10
4/2/93	1208	123	815	10
11/2/93	1308	130	808	11
18/2/93	1400	137	806	11
25/2/93	1494	144	795	11
11/3/93	1696	158	774	13
17/3/93	1783	164	770	19
24/3/93	1877	171	747	27
31/3/93	1973	178	721	40
7/4/93	2072	185	686	49
28/4/93	2334	206	278	67

¹Graus dia acumulados a partir da formação dos primeiros frutos tipo chumbinho.

²Número de dias transcorridos a partir da formação dos primeiros frutos tipo chumbinho.

observou-se uma média de 0,2 ovos por fruto chumbinho brocado.

As posturas aparecem de forma mais consistente a partir do final de janeiro, tanto

já maduras, em fase de passar para a prepupa, aparecem sobrepostas com a prepupa (3 dias) e a pupa (5 dias).

Posteriormente, observou-se um segundo

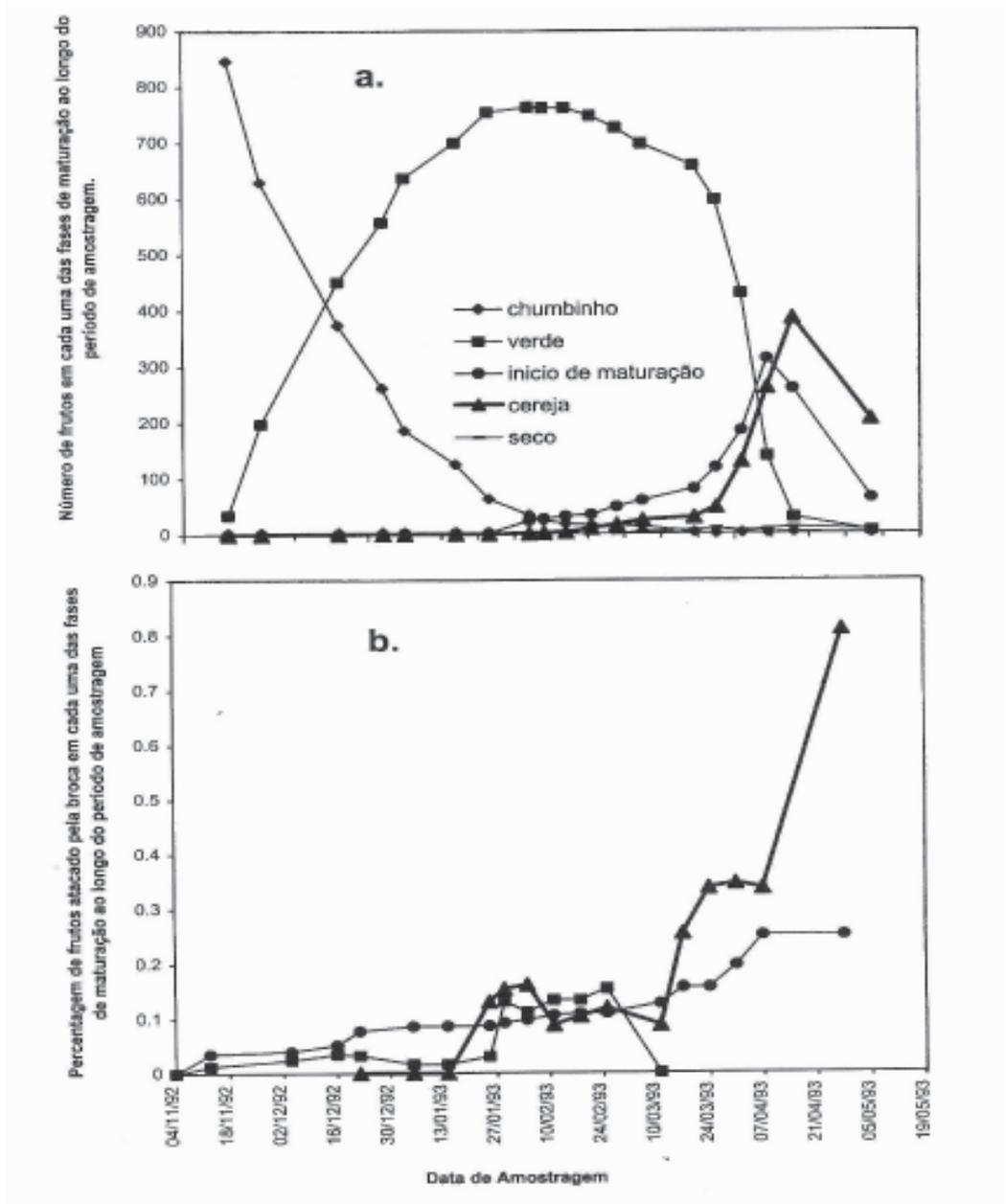


Figura 2. Número total de frutos em cada fase de maturação (a), e percentagem de frutos atacados pela broca *Hypothenemus hampei* ao longo do período de amostragem (b), Paula Cândido, MG. 1992/93.

pico de posturas no final de março, quando aparecem os frutos maduros ou cerejas, e um terceiro pico no final do abril, que correspondem à segunda e terceira gerações da broca, as quais desenvolvem-se completamente dentro dos frutos em início de maturação e cereja, a partir de adultos que

nasceram e reproduziram-se dentro dos frutos.

Para o segundo pico, a razão entre as posturas presentes nos frutos em estado cereja e aqueles em início de maturação, é de 1,9, o que indica uma marcada preferência pelos frutos maduros.

A partir dos dados apresentados na Tabela

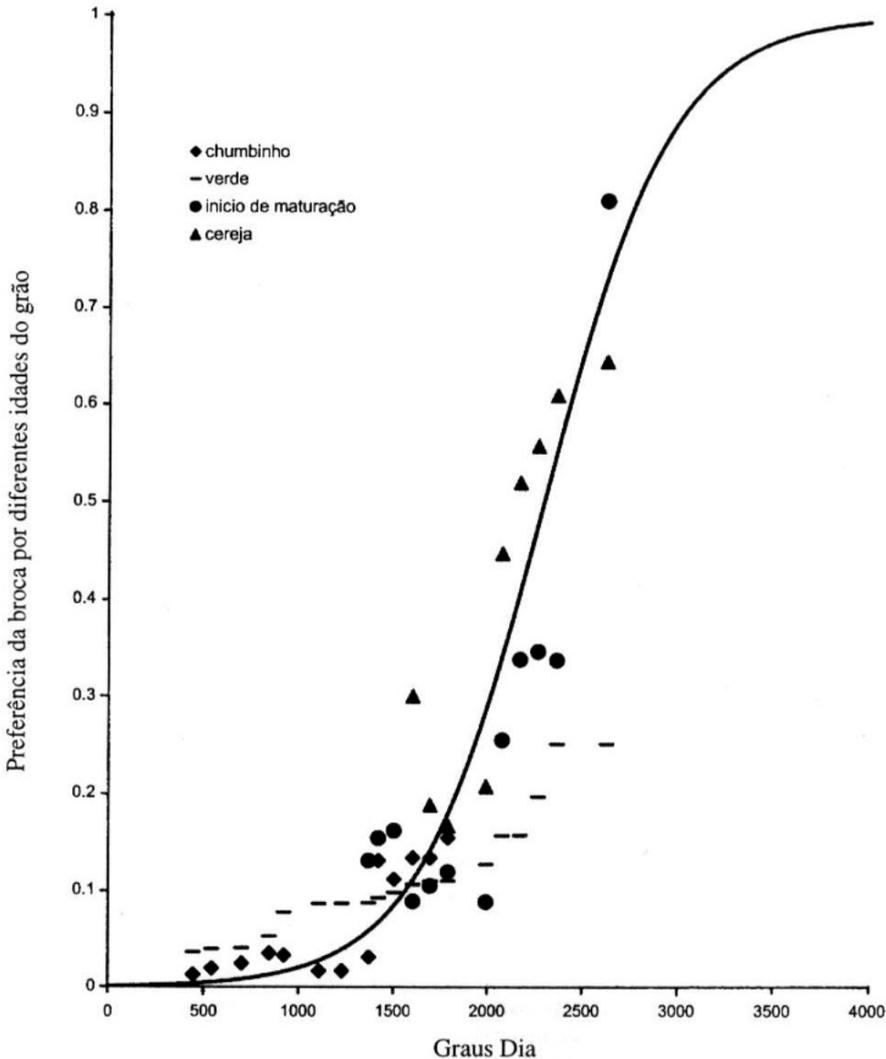


Figura 3. Curva logística que descreve a preferência da broca por frutos em diferentes idades (idade em unidades de Graus Dia).

1 (complementados com a Fig.1), desenvolveu-se uma função de preferência para o ataque da broca em função da idade do fruto:

Onde b é a proporção de frutos atacados em função da sua idade i , sendo a idade dada em unidades de tempo fisiológico (Graus Día, calculados a partir dos máximos e mínimos diários de temperatura, sobre um limiar fisiológico de 10 °C). Assim, a taxa de preferência é máxima a partir dos 1800 graus día de idade do fruto, que é coincidente com o estado cereja (Fig.3).

Para um determinado período de floração, tem-se três ciclos completos da broca (Fig. 1), sendo que o primeiro deles completa-se sobre frutos verdes e em início de maturação e os outros dois sobre frutos maduros exclusivamente.

Desenvolvimento dos Frutos. Apartir da presença de frutos verdes (Fig.2a), as percentagens de frutos brocados começou a aumentar (Fig. 2b). O primeiro incremento substancial ocorreu a partir de 27 de janeiro, o que está relacionado com o aumento de frutos nas fases de início de maturação e cereja. Posteriormente, há um drástico aumento na percentagem de frutos brocados, a partir de 24 de março, quando também existe o maior incremento nos frutos no estado cereja.

O grande incremento no número de frutos brocados coincide com as posturas das fêmeas da segunda geração (Fig. 1a), e com a maturação dos frutos para o estado cereja. As amostragens entre os dias 24 e 31 de março indicaram que, apesar da quantidade suficiente de frutos em início de maturação, as novas brocas preferiram os frutos cereja. Igualmente, nota-se que mesmo existindo quantidades semelhantes de frutos verdes e frutos em início de maturação, na mesma época, a preferência do ataque da broca é duas vezes maior pelos frutos em início de maturação. As preferências observadas no campo foram : cerejas > início de maturação > verdes, na proporção de 3,6 : 2,0 : 1,0 respectivamente.

O fato dos frutos tipo cereja ficarem

expostos durante mais tempo ao ataque da broca não explica a elevada proporção de frutos brocados nesse estágio. A proporção de frutos verdes atacada não muda muito entre 4 de fevereiro e 17 de março, apesar do tempo transcorrido, sugerindo que as diferenças correspondem a preferências reais pelos diferentes tipo de fruto (Fig. 2). Isto também foi confirmado pela análise realizada na amostragem destrutiva, na qual observou-se que o número de posturas sobre os frutos maduros foi 1,9 vezes maior que sobre frutos em início de maturação. É evidente que há uma explosão populacional da broca na última fase de maturação dos frutos.

Colheita. As percentagens medias de frutos brocados observadas nas árvores marcadas (24,4%) e no solo (31,6%), ao final do período de amostragem, mostraram uma diferença percentual em torno de 7%, indicando uma maior tendência para a queda de frutos brocados em relação aos frutos não brocados (Tabela 2).

Todos os frutos brocados, nos ramos marcados, foram colhidos ao final do período e separados de acordo com a fase de maturação, para posterior contagem do número de indivíduos da broca em cada um dos estágios (Tabela 3). Em média, o maior número de indivíduos (7,77) foi observado em frutos cereja, para uma média total, incluindo todas as fases de maturação, de 9,83 indivíduos da broca por fruto atacado.

Discussão

Os parâmetros básicos do desenvolvimento da broca, em diferentes temperaturas, foram determinados em laboratório, durante dois anos (Bergamin 1943). Considerando o tempo transcorrido entre a emergência das primeiras fêmeas de uma geração e a emergência das primeiras fêmeas da geração subsequente, o mesmo autor encontrou que, em um ano, podem ocorrer até sete gerações da broca, existindo frutos para serem atacados. Das sete gerações obtidas em laboratório, o ciclo mais curto, 31 dias, foi obtido durante

Tabela 2. Percentagem de frutos atacados por *Hypothenemus hampei* nas sete árvores marcadas e no solo ("saia") das três primeiras, Paula Cândido, MG, 1992/93.

Árvores	Frutos na planta		Frutos no solo	
	Sadios	% brocado	Sadios	% brocado
1	417	23,9	391	21,1
2	387	23,8	468	30,9
3	681	20,9	354	31,9
4	388	24,4		
5	452	29,7		
6	612	20,3		
7	411	28,4		

os meses de dezembro e fevereiro, com temperatura média de 25^o C. Os tempos de desenvolvimento mais longo, 94 dias, foi o da geração que começou em maio, com temperatura média de 20^o C, e mínima de 11^o C. Extrapolando estes resultados para o campo, concluiu-se que, no Brasil, devem ocorrer quatro gerações da broca durante o desenvolvimento dos frutos, entre os meses de dezembro e maio. Se a colheita se dilatar, podem ocorrer até cinco gerações. Segundo o mesmo autor, dependendo da intensidade do período seco, o ciclo da broca pode interromper-se entre uma e outra colheita, caso contrário, no campo, deveriam observar-se as sete gerações encontradas no laboratório.

Na região de Viçosa, o ciclo da broca é interrompido devido à falta de frutos

adequados para a oviposição, no período compreendido entre novembro e o final de janeiro (Fig. 1a). De fevereiro em diante, começam as posturas até o momento da colheita que, geralmente, ocorre em maio. Durante o período no qual não existem posturas, ocorrem alguns adultos provenientes dos frutos secos, que ficaram da última colheita. Estes perfuram grãos verdes ou grãos em estado de chumbinho e ali permanecem, sem ovipositar, até que o fruto atinge o grau de maturidade necessário à oviposição, o que somente acontecerá em fevereiro. Durante todo o período de formação do fruto, pode-se estimar que ocorrem pelo menos três gerações completas e uma 4^a que começa a se esboçar, embora com marcada sobreposição com a 3^a (Fig. 1a). A primeira geração é a de formação

Tabela 3. Número médio de indivíduos de *Hypothenemus hampei*, em seus estágios, nos frutos dos ramos marcados, ao final da amostragem, Paula Cândido, MG, 1992/93.

Fase do fruto	Ovos	Larvas	Prepupas	Pupas	Adultos	Total
Verde	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Início de maturação	0,74	0,48	0,04	0,04	0,29	1,59
Cereja	3,30	2,85	0,24	0,19	1,00	7,58
Seco	0,20	0,17	0,06	0,08	0,12	0,63
Total	4,25	3,51	0,34	0,32	1,41	9,83
Número máximo	23,00	31,00	12,00	9,00	17,00	

mais lenta. Nela as fêmeas esperam dentro dos frutos o momento apropriado para a oviposição; nas duas seguintes, o ciclo é muito mais rápido, em frutos maduros.

No controle cultural da broca, recomenda-se o repasse após a colheita, isto é, a remoção de todos os frutos remanescentes, com o objetivo de eliminar fontes de inóculo. Embora tecnicamente correta, esta prática é de difícil aplicação com o rigor necessário. A maior parte dos frutos é removida com a própria colheita e o repasse acrescenta pouco na remoção dos frutos, pois sempre restam frutos em condições difíceis de serem alcançados. Além disto, o custo de realizar o repasse é muito elevado, porque não representa acréscimo em produtividade.

Com base no conhecimento da biologia da praga, é possível afirmar que as medidas de controle devem acontecer entre o final de uma safra e o aparecimento dos primeiros frutos em início de maturação da safra seguinte, concentrando o controle nos adultos, antes da oviposição. Dentro dessa concepção, as diferenças no comportamento dos parasitóides da broca podem ser determinantes para a obtenção de resultados satisfatórios. Por exemplo, um predador de adultos poderia ser de grande auxílio no controle da praga nessa fase (Gutierrez *et al.* 1998).

Para avaliar as possibilidades que diferentes tipos de parasitóides teriam no controle da broca do café, sob diferentes climas e condições ecológicas, faz-se necessário contar com uma ferramenta de análise que permita relacionar a biologia dos diferentes níveis tróficos (planta, herbívoros e inimigos naturais) e as suas conseqüências sobre a dinâmica populacional das espécies envolvidas nas interações. Isto é factível mediante modelos multitróficos de simulação, nos quais são incluídos os elementos relevantes, tanto bióticos como abióticos, necessários para a descrição dos fenômenos no campo. Um modelo deste tipo foi concluído recentemente (Gutierrez *et al.* 1998), possibilitando generalizações a partir de conhecimentos gerados regionalmente.

Literatura Citada

- Aristizabal, L.F., P.S. Baker & J. Orozco. 1996.** Liberación, dispersión y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* en condiciones de campo. Avances Téc., Cenicafé 224.
- Baker, P.S. 1995.** Desarrollo de MIP para la broca del café. Mem. Congr. Soc. Colombiana Entomol. 22: 36-43.
- Benassi, V.L.R.M. 1998.** Investigations on the coffee berry borer in Espírito Santo, Brazil. p.58. In J.F.Barrera, A.A.Guerra, J.J.Menn & P.S.Baker (eds). 2nd Intercontinental Conf. Coffee Berry Borer, Tapachulas, México.
- Bergamin, J. 1943.** Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera, Ipidae). Arq. Inst. Biol. 14:31-71.
- Gutierrez, A.P., A. Villacorta, J.R. Cure & C.K. Ellis. 1998.** A tritrophic analysis of the coffee (*Coffea arabica*) – coffee berryborer (*Hypothenemus hampei* (Ferrari))- parasitoid system. An. Soc. Entomol. Brasil (no prelo).
- Hempel, A. 1934.** A *Prorops nasuta* Waterson no Brasil. Arq. Inst. Biol. 5:197-212.
- Mendoza, J., R.Q. Pinargote & M. Patiño. 1998.** Respuesta de los entomófagos *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* en el control biológico de la broca del café en el Ecuador. p.59. In J.F.Barrera, A.A.Guerra, J.J.Menn & P.S.Baker (eds). 2nd Intercontinental Conf. Coffee Berry Borer, Tapachulas, México.
- Orozco, J. & L.F. Aristizabal. 1996.** Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Avances Téc., Cenicafé, 223.

- Ramirez, D.J.F. 1995.** Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera : Bethylidae) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en una finca cafetalera del Soconusco, Chiapas, México. Tesis Lic. en Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, Mexico, 85 p.
- Rebelles, P.R., J.C de Souza & C.C.A. Melles. 1984.** Pragas do cafeeiro. Inf. Agropec. 10:3-57.
- Toledo, A.A. 1948.** Comportamento da vespa de Uganda em cafezal sombreado. *Biológico* 14:189-191.
- Waterhouse, D.F. & K.R. Norris. 1989.** *Hypothenemus hampei* (Ferrari). In D.F. Waterhouse & K.R. Norris (eds.) *Biological Control Pacific Prospects*. Canberra, Australian Cen. Int. Agric. Res., Supplement I: 56-75.

Recebido em 05/09/97. Aceito em 10/06/98.
