

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

DISTRIBUIÇÃO DE INSETICIDAS EM FRUTOS DO CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) E EFICIÊNCIA NO CONTROLE DA BROCA-DO-
CAFEIEIRO (*Hypothenemus hampei* F.)

GUSTAVO RABELO BOTREL MIRANDA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Maio – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

DISTRIBUIÇÃO DE INSETICIDAS EM FRUTOS DO CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) E EFICIÊNCIA NO CONTROLE DA BROCA-DO-
CAFEIEIRO (*Hypothenemus hampei* F.)

GUSTAVO RABELO BOTREL MIRANDA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Co-orientadora: Dr^a. Maria José A. P. de Almeida Cerejeira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Maio – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M672d Miranda, Gustavo Rabelo Botrel, 1979-
Distribuição de inseticidas em frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e eficiência no controle da broca-do-cafeeiro (*Hypothenemus hampei* F.) / Gustavo Rabelo Botrel Miranda. - Botucatu : [s.n.], 2009.
vii, 133 f. : il., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009

Orientador: Carlos Gilberto Raetano

Inclui bibliografia.

1. Café. 2. Broca-do-café. 3. Tecnologia de aplicação de defensivos. 4. Pesticidas. 5. Impacto ambiental. I. Raetano, Carlos Gilberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

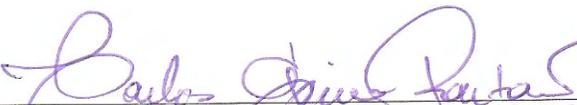
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DISTRIBUIÇÃO DO DEPÓSITO DE INSETICIDAS EM FRUTOS DO
CAFEIEIRO (Coffea arabica L.) E EFICIÊNCIA NO CONTROLE DA
BROCA Hypothenemus hampei F. "

ALUNO: GUSTAVO RABELO BOTREL MIRANDA

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

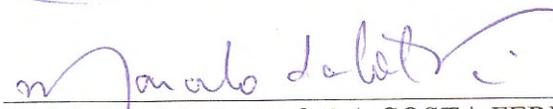
Aprovado pela Comissão Examinadora:



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. WILSON BADIALI CROCOMO



PROF. DR. MARCELO DA COSTA FERREIRA



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO



PROF. DR. RUBENS JOSÉ GUIMARÃES

Data da Realização: 21 de maio de 2009.

Dedico aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela alegria, misericórdia e magnitude que representa, e pelas ótimas oportunidades que me deu para ser feliz, pois tudo de mim está em suas mãos desde outubro de 2003;

A minha família, especialmente meus pais, Renato Miranda e Débora Rabelo Botrel Miranda, pelo amor, pela presença e pelos exemplos de dignidade;

A minha avó Zezé (*in memoriam*), que praticamente me criou, e aos meus avós Paulo, Marlene (*in memoriam*) e Norberto (*in memoriam*);

Aos meus primos que me acompanharam durante toda a vida, Alexander, Lissandra, Norberto, Cristiely, Mona Lisa, Cecília, Leo, Bruno, Gilcielly, Marcela, Lucas, Giovana e a minha afilhada Cecília e Isabela;

Aos tios Sérgio, Conceição, Afonso, Luciane, Nina, Hélio, Marcelo, Carmem Lúcia, e tios de segundo grau sempre presentes na minha vida;

Aos amigos de Três Pontas e Lavras que apesar da distancia, não nos separamos. Aos novos amigos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IF Sul de Minas) – Campus Muzambinho;

Aos professores Dagoberto Martins e especialmente ao professor Leandro Borges Lemos que me selecionaram para cursar o doutorado na UNESP. Ao professor Edson Luíz Furtado pelo exemplo como professor, desde dicas profissionais, aproximação, abertura de contatos e amizade;

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal – Defesa Fitossanitária, Wilcken, Baldin, Forti, Silvia Renata, Maringoni, Renate e Nilton (*in memoriam*), e aos professores da Agricultura Velini, Crusciol e Maurício Zanotto pela atenção e inovação de idéias;

E principalmente ao meu orientador Carlos Gilberto Raetano, por me receber como seu orientado, e me proporcionar conhecimento e inovação para concretizar o meu sonho profissional;

Aos professores Carlos Henrique Rodrigues Reinato, Leandro Carlos Paiva do IF Sul de Minas – Campus Machado e alunos do IF Sul de Minas – Campus Machado, Agda,

Paulo Rogério Lopes, Jader Moura Pinheiro, Marcelo, Matheus Queiroz, Daiana Roseli Tavares, Renato Humberto de Carvalho, Vilmar Codgnoli que ajudaram na condução do experimento em Campos Gerais;

Ao pessoal da fazenda em Campos Gerais que sempre estiveram à disposição para a condução do experimento;

Aos amigos de minha primeira casa Rogério Farineli, Glauber (Quexada), Emerson Borghi, aos amigos da jornada do doutorado Andréia, Marina, Rogério Sá, Gilmar, Lauter S Souto, Rafael (Indião), Ronaldo, Evandro P Prado, Douglas (Mineiro), Fabrício, Eunuco, Gregório, Émerson, Demétrius, a república Santa Cerva (Nei (Soninha), Pedro (Varginha), Rômulo (Farinheiro), Tarcísio (Hanson), De quatro, Rafael (Exu), Corcel, (DPL), Pajé, Nukco, Songo, Cotoco, Ximba, Edinho, Nazira, Goiano, Balão, Zé Budum, Facão, Figura), K-tiveiro (Marcus Masson (Clandestino), Chumbinho, Morfético, Goró, Eduardo (Frescal), Seu Jose, Ud, Gozado, e Japa Mala), Mário Henrique Del Poggeto, Ricota, Guiné, Nélon (Carioca), Murilo, Rone, Efraim, Lidiane (Suflê), Fabiana (Mais Uma), Ozias, Virgínia, Edilene, Rosângela, Karina, Ana Paola, Selma Goulart, Luíza, Luchele, Camila, Libério, Reginaldo, Tati Machado, Sandra Vigo, “Me leva”, Priscila (Santa Cerva agregada), Dinha, Fátima, Juá, Juana, as orientadas do prof. Forti Sandra e Sinara, Renata, Reni, Anne Caroline, Maria (Ulisses), Gabriela, Amanda (Vai q dá), Pelé, às irmãs Letícia e Carol, Andréia e Daniela (Inglês Alps), Creste, Jaca, Cecília (Virola), Sílvio, Fernanda e Giba (energia);

Agradeço também a Ana Paula (Batatinha), que regou as minhas mudas do mestrado quando eu não podia, e, se não fosse por ela também, não estaria aqui concluindo o doutorado.

Enfim, a DEUS por tudo, pela vida, pelos erros que me fizeram crescer e acertos que me fizeram caminhar para a felicidade. GLÓRIA E LOUVOR.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	001
2 SUMMARY.....	003
3 INTRODUÇÃO.....	005
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	008
4.1 Agronegócio do café.....	008
4.2 A cultura do café.....	009
4.3 Broca-do-cafeeiro (<i>Hypothenemus hampei</i> F.).....	009
4.3.1 Aspectos gerais da praga.....	009
4.3.2 Amostragem da broca-do-cafeeiro.....	010
4.3.3 Danos.....	011
4.4 Fatores que interferem na eficácia de uma pulverização.....	012
4.5 Equipamentos e técnicas na aplicação terrestre de produtos fitossanitários em cafeeiros.....	016
4.6 Avaliação da distribuição e depósitos da pulverização.....	018
4.7 Controle da broca-do-cafeeiro.....	019
4.8 Classificação do café.....	020
4.9 Resíduos de agrotóxicos na planta do cafeeiro e café.....	021
4.10 A ecotoxicologia na avaliação do risco potencial. Efeitos tóxicos <i>versus</i> exposição ambiental.....	025
4.11 Previsão da exposição ambiental aos produtos fitossanitários.....	027
4.12 Impacto ambiental da utilização de produtos fitossanitários no controle da broca-do- café em ecossistemas agrícolas (Grupo químico).....	028
4.12.1 Organoclorados.....	029
4.12.2 Organofosforados.....	031
4.12.3 Piretróides.....	032
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	034
5.1 Local e período para os experimentos.....	034
5.2 Experimento 1 – Avaliação dos depósitos e cobertura da pulverização.....	035
5.2.1 Delineamento experimental.....	035

SUMÁRIO

	Página
5.2.2 Avaliação quantitativa dos depósitos nos frutos.....	038
5.2.3 Avaliação qualitativa da distribuição da pulverização e cobertura dos depósitos.....	039
5.2.4 Avaliação qualitativa de pulverização com uso de papel hidrossensível.....	040
5.3 Experimento 2 - Eficiência dos produtos fitossanitários.....	041
5.3.1 Delineamento experimental e condução do experimento.....	041
5.3.2 Infestação e eficiência de controle.....	044
5.3.3 Classificação do café.....	045
5.3.4 Determinação de resíduos de inseticidas em café.....	045
5.4 Estudo 3 - Avaliação do destino e comportamento ambiental dos inseticidas em estudo por abordagens preditivas.....	046
5.4.1 Modelo de fugacidade de análise multicompartimental.....	047
5.4.2 Índices de lixiviação.....	049
5.4.3 Avaliação do impacto ambiental – Sistema de classificação de riscos dos produtos fitossanitários em diferentes ecossistemas, definida por Finizio et al. (2001).....	051
5.5 Análise estatística.....	065
5.5.1 Observações.....	066
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	067
6.1 Experimento 1.....	067
6.1.1 Avaliação quantitativa dos depósitos nos frutos.....	067
6.1.2 Avaliação qualitativa da distribuição da pulverização e cobertura dos depósitos.....	071
6.1.3 Avaliação qualitativa de pulverização com uso de papéis hidrossensíveis.....	074
6.2 Experimento 2.....	088
6.2.1 Infestação e eficiência de controle.....	088
6.2.2 Estimativa de perda de peso a partir de nível de dano da broca do cafeeiro no dia da colheita.....	097
6.2.3 Influência na classificação quanto ao tipo do café.....	099
6.2.4 Resíduos de inseticidas.....	100

SUMÁRIO

	Página
6.3 Estudo 3.....	102
6.3.1 Distribuição ambiental prevista (PED) através do cálculo do nível I do modelo de fugacidade de Mackay para os inseticidas.....	102
6.3.2 Potencial de lixiviação calculado pelos índices de lixiviação GUS e de Bacci & Gaggi dos inseticidas em estudo.....	104
6.3.3 Classificação do potencial de risco ambiental em três sistemas (solo epígeo e hipógeo, água superficial) dos inseticidas.....	106
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
8 CONCLUSÕES.....	110
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
10 APÊNDICE	131

1 RESUMO

Com o objetivo de verificar a distribuição da pulverização, eficiência e risco de impacto ambiental de três inseticidas (chlorpirifos, endossulfan e etofenproxi) utilizados no controle da broca do cafeeiro (*Hypothenemus hampei* F.), com diferentes equipamentos e volumes de calda, foram conduzidos dois experimentos em lavoura de café (Acaiá) localizada no município de Campos Gerais/MG e, um estudo de previsão de impacto ambiental dos inseticidas realizado em Lisboa/Portugal. O primeiro experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso simples e os tratamentos distribuídos no esquema de parcelas subdivididas constituídos por três volumes de calda (150, 300 e 600 L.ha⁻¹), combinados com turbopulverizadores (pneumático e hidráulico), sendo o volume menor pulverizado com turbopulverizador pneumático e os outros dois volumes com turbopulverizador hidráulico convencional para café, em sete repetições e, para se avaliar a eficiência dos inseticidas, um segundo experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso simples com 10 tratamentos onde combinou-se os tratamentos do experimento anterior com os inseticidas (chlorpirifos, endossulfan e etofenproxi) acrescido de testemunha, em quatro repetições. As parcelas de ambos os experimentos foram constituídas por três linhas de dez plantas cada e avaliadas as quatro plantas centrais de cada parcela. O primeiro experimento avaliado com papéis hidrossensíveis foi realizado em quatro partes diferentes da planta, SML (superior mesmo lado do pulverizador), SLO (superior lado oposto ao caminhamento do pulverizador), IML (inferior mesmo lado do pulverizador) e ILO (inferior lado oposto ao caminhamento do pulverizador), constituindo assim, parcelas subdivididas no espaço. A avaliação da cobertura de pulverização dos frutos no primeiro experimento foi realizada com o uso do corante amarelo fluorescente Saturn Yellow a 0,15% (v/v) na calda atribuindo-se notas de 1 a 5 (1 = ausência de gotas, 2 = 25% de cobertura, 3 = 50% de cobertura, 4 = 75% de cobertura e 5 = 100% de cobertura), dividindo a planta em duas partes para a avaliação: superior e inferior. E, na avaliação quantitativa de depósitos de corante azul brilhante (primeiro experimento) foram coletados 5 frutos na parte superior e 5 frutos na parte inferior da cada planta avaliada para quantificar os depósitos do corante com uso de espectrofotômetro. No segundo experimento, quatro ramos foram marcados na planta (um em cada quadrante), sendo um do lado direito inferior da planta, um do lado esquerdo inferior, um do lado direito superior e outro do lado

esquerdo superior, onde foram contados o número de grãos broqueados em cada ramo antes da pulverização, avaliados quinzenalmente até a colheita. Na colheita, os grãos de café de cada parcela foram separados em “bóia”, “verde” e “cereja”, medindo-se o volume e a massa dos grãos. As amostras de café foram secas durante um mês em terreiro para secagem natural. Posteriormente, as amostras foram beneficiadas, classificadas quanto ao tipo e encaminhadas ao laboratório LARP / ESALQ / USP para verificar a quantidade de resíduos no café beneficiado. Quanto aos modelos preditivos sobre o impacto ambiental a partir das características intrínsecas dos produtos endossulfan, clorpirifos e etofenproxi, realizaram-se estudos no Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa (ISA/UTL) e recorreu-se ao cálculo de um modelo de análise multicompartimental (modelo de fugacidade) e aos índices de lixiviação (GUS e Bacci & Gaggi). Nesta abordagem foram considerados três cenários comparativos, variando os valores de K_{oc} e DT_{50} dos inseticidas em análise utilizando adequadas bases de dados destes parâmetros. Foram ainda calculados indicadores ambientais, os quais permitiram analisar as possibilidades de impacto ambiental, considerando dados ecotoxicológicos dos inseticidas e do compartimento ambiental. Os resultados foram analisados pelo teste F e as médias comparadas por Tukey para os dois primeiros experimentos. Concluiu-se que as aplicações com turbopulverizador hidráulico (300 e 600 $L \cdot ha^{-1}$) atingem com mais intensidade a parte inferior do cafeeiro; a aplicação com turbopulverizador pneumático (150 $L \cdot ha^{-1}$) é mais homogênea que as aplicações com turbopulverizador hidráulico (300 e 600 $L \cdot ha^{-1}$); todos os produtos foram igualmente eficiente e o produto mais vantajoso para controle da broca do cafeeiro é o endossulfan pois este foi realizado uma pulverização enquanto os outros dois produtos foi necessário realizar uma segunda pulverização; Os danos da broca do café na classificação para os diferentes inseticidas é sempre tipo 2; não foram detectados resíduos dos inseticidas em café beneficiado; mais de 95% de cada inseticida tem tendência de ficar retido no solo; os inseticidas em estudo não são lixiviáveis para o lençol freático; o etofenproxi possui características de menor impacto ambiental.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, controle químico, café, broca-do-café, impacto ambiental, inseticidas.

DISTRIBUTION OF INSECTICIDES IN THE COFFEE SHRUB CHERRIES (*COFFEA ARABICA* L.) AND THE EFFICIENCY IN CONTROLLING THE COFFEE BORER (*HYPOTHENEMUS HAMPEI* F.). Botucatu, 2009. 133f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Gustavo Rabelo Botrel Miranda

Adviser: Carlos Gilberto Raetano

2 SUMMARY

This study was carried out to verify the distribution of the spray, the efficiency and the environmental impact risk of three insecticides (chlorpyrifos, endossulfan and etofenproxi) used in the control of the coffee-borer (*Hypothenemus hampei* F.), by using different equipments and application volumes. So, three experiments were conducted in coffee crop 'Acaiaí' at Campos Gerais county-MG. In the first experiment, the randomized block design was used and the treatments were distributed into split-plot scheme and constituted by three application volumes (150, 300 and 600L.ha⁻¹). The lower volume was applied by a pneumatic turbosprayer and the other two volumes by a hydraulic turbosprayer that is conventional for coffee; and seven replicates were used. To evaluate the efficiency of the insecticides, a second experiment was accomplished under the simple randomized block design with ten treatments, as combining the previous experiment treatments with the insecticides (chlorpyrifos, endossulfan and etofenproxi) that was added with the control, in four replicates. In both experiments, the plots were constituted by three lines with ten plants each one, and the four central plants in each plot were evaluated. In the first experiment, the evaluations were accomplished in four different parts of the plant: SML (superior at the same side of the sprayer), SLO (superior part and at the side opposite to the displacement of the sprayer), IML (inferior and at the same side of the sprayer) and ILO (inferior and at the side opposite to the displacement of the sprayer), therefore constituting the subdivided plots, in the space, for evaluations in hydrosensible papers. In evaluation of the fruit covering, the fluorescent yellow dye Saturn Yellow at 0.15% (v/v) was used in the solution, as attributing notes from 1 to 5 (1 = absence of drops, 2 = 25% covering, 3 = 50% covering, 4 = 75% covering, and 5 = 100% covering), and the plant was divided into two parts for evaluation: superior and inferior (experiment 2). In the third experiment, four twigs were marked in the plant (one in each

quadrant), as one being at the inferior right side of the plant, one at the inferior left side, one at the superior right side and another one at the superior left side, where the number of the bored beans in each twig were counted before spraying until the harvest. On harvest, the coffee beans from each plot were separated into “boia”, green and cherry; then, both quantity of liters and the mass of beans were measured. The coffee samples were dried on waterproof natural drying yard during one month. Later, the samples were processed, classified according their type and taken to the laboratory LARP / ESALQ / USP in order to verify the amount of residues in the coffee "commodity". The study of the predictive models for environmental impact, from the intrinsic characteristics of the insecticides (endosulfan, chlorpyrifos and ethopphenprox), was carried out in the Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa (ISA/UTL), by using the multicompartamental analysis model, the fugacity model, besides the Gus leaching indices. Three comparative sceneries were observed in this approach, by varying K_{oc} and DT_{50} of the insecticides under analysis and using adequate data bases of those parameters. Calculation were also accomplished for the environmental indicators allowing to analyze the possibilities for environmental impact, by considering the ecotoxicological data of either insecticides and the environmental compartment. The results were analyzed by the test F and the averages were compared in the program SISVAR 4.3 for the first two experiments. The applications with hydraulic turbosprayer reached more intensively the lower part of the coffee shrub; the application with pneumatic turbosprayer ($150L\ ha^{-1}$) is more homogeneous than the applications with the hydraulic turbosprayer (300 and $600L\cdot ha^{-1}$); all products were equally efficient, but the most advantageous product for controlling the coffee-borer is the endossulfan, since one pulverization was accomplished whereas a second pulverization was required when using the other two products. In classification for different insecticides, the damages by the coffee-borer are always type 2; no residues of the insecticide were found in the green coffee; more than 95% of each insecticide tends to be retained in the soil; the insecticides under study are not leachable to water table; the etofenproxi characteristically shows lower environmental impact.

Keywords: application technology, chemical control, coffee, coffee-borer, environmental impact, insecticides.

3 INTRODUÇÃO

Oriunda da Etiópia, em 1727, a espécie *Coffea arabica* L. foi introduzida no Brasil em Belém, no estado do Pará. Atualmente, a cultura é largamente plantada em diversas regiões do continente americano e do Brasil, sendo este o maior produtor mundial de café (Thomaziello, et al. 1997; Guimarães et al., 2002).

Apesar de expressiva produção é freqüente a ocorrência de pragas e doenças nessa cultura, como é o caso da broca-do-cafeeiro (*Hypothenemus hampei* F.) (Coleoptera: Scolytidae), uma praga-chave da cultura, pois causa prejuízos em toda a cadeia comercial do produto, desde o campo até a exportação, causando, além da perda do peso, a queda dos frutos e a depreciação da classificação por tipo, uma vez que cinco grãos perfurados constituem um defeito nesta classificação (Gallo et al., 2002 e Matiello et al., 2005).

Para o controle deste inseto, observa-se dificuldades, tanto do ponto de vista da aplicação do inseticida, quanto da ocorrência de resíduos químicos em alimentos. O clorpirifos e o endossulfan são os únicos inseticidas registrados para o controle deste inseto (Andrei, 2005) aplicado em pulverização e, a depender da qualidade da pulverização, pode determinar sérios impactos ambientais (Salyani, 1999). Ambos apresentam grande potencial de impacto ambiental, porém, o endossulfan mostra-se mais persistente no ambiente quando comparado ao clorpirifos (Tomlim, 2006). Outro ponto crítico é a possibilidade da permanência deste

produto em alimentos, acima dos limites permitidos, ocasionando prejuízos à saúde humana (Campanhola & Bettioli, 2003; Flores et al., 2004).

Na aplicação de líquidos sob a forma de pulverização, a deposição e distribuição de sólidos na parte aérea da planta dependem de diversos fatores como: tamanho da planta, densidade da copa, deriva, tamanho da gota, volume de calda, forma e volume de planta, velocidade de deslocamento do pulverizador, vento, tipo de equipamento utilizado, combinação de bicos no pulverizador em relação à planta, volume de saída de ar do pulverizador, velocidade do ar e distância do pulverizador até o alvo (Raetano, 1996), além de que o principal problema de pulverização em frutos de cafeeiro é o aspecto da arquitetura da planta que devido à densidade foliar das plantas podem constituir sério obstáculo à penetração de produtos fitossanitários, impedindo que a calda penetre e atinja o alvo.

Tal fato acarreta na busca de novas tecnologias e/ou adaptações de técnicas de aplicações já utilizadas em outras culturas, como é o caso do turbopulverizador com formação de gotas com energia gasosa com bicos tipo 'UGELLI', utilizado na citricultura (Martignani, 2008). O sucesso de uma nova técnica de pulverização pode, além de minimizar as perdas de volume de calda, melhorar a distribuição do produto fitossanitário na planta e reduzir o volume de calda de pulverização, diminuindo a exposição do ambiente aos produtos fitossanitários, que, neste caso, preservaria e maximizaria o recurso "água". Vários estudos realizados na Europa e nomeadamente em Portugal (Cerejeira et al., 1995a, b; 2000; 2003 e Silva et al., 2006) têm evidenciado o impacto dos produtos fitossanitários sobre este recurso escasso e precioso.

Os produtos fitossanitários, após a aplicação, possuem comportamento ambiental complexo resultante de vários processos físicos, químicos e biológicos que determinam o transporte e a sua transformação. Também a distribuição pelos diferentes compartimentos (solo, água, sedimento, biota, ar) pode conduzir a níveis de exposição aos quais as diferentes espécies não visadas poderão ficar expostas (Batista, 2003).

Finizio et al. (2001) propuseram cálculos para classificar o risco ambiental dos produtos fitossanitários. A capacidade que um determinado produto tem em causar impacto ambiental à biota nos diferentes compartimentos tem sido considerada uma abordagem preditiva prioritária, sendo a porcentagem desses produtos presentes nos compartimentos calculada a partir do Nível I do modelo de fugacidade de Mackay et al. (1997).

Portanto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a redução do volume de calda na distribuição das gotas e na cobertura da pulverização em frutos de café, utilizando-se diferentes equipamentos; conhecer a eficiência de inseticidas no controle da broca-do-cafeeiro, aplicados em diferentes sistemas operacionais; quantificar prováveis resíduos de inseticidas em grão de café; estudar o potencial de distribuição ambiental dos inseticidas clorpirifos, endossulfan e etofenproxi, bem como avaliar seu potencial de lixiviação e avaliar o potencial de impacto de cada inseticida nos diversos compartimentos ambientais através dos indicadores de risco.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Agronegócio do café

No ano safra 2007/2008, o Brasil produziu 32,1 milhões de sacas de café, compreendendo 22,3 milhões (69,5%) de arábica e 9,8 milhões (30,5%) de robusta, uma redução de 10,4 milhões de sacas em relação à safra anterior que foi de 42,5 milhões. A queda nesta safra pode ser atribuída à bienalidade da cultura e às condições climáticas adversas, com estiagem no período de floração, entre março e setembro de 2006 e excesso de chuvas no início de 2007, o que dificultou o manejo das pragas (Reetz et al., 2007).

A produtividade no ano safra 2007/08 (14,46 sacas.ha⁻¹) foi 26,8% menor que na safra 2006/07, (19,75 sacas.ha⁻¹). A área plantada aumentou 3% em relação ao ano anterior, passando de 2,1 para 2,2 milhões de hectares (Reetz et al., 2007).

Com a redução dos estoques internacionais devido ao aumento da demanda em relação à oferta, o preço do produto aumentou contribuindo para um novo ciclo de preços altos (Reetz et al., 2007). Porém, apesar do custo de produção do café brasileiro ser menor que em outros países (Café, 2005), os cafeicultores não estão sendo tão beneficiados quanto poderia devido à desvalorização do dólar frente ao real (Reetz et al., 2007).

4.2 A cultura do café

A espécie *Coffea arabica* L., oriunda da Etiópia, foi introduzida no Brasil em 1727, em Belém, no estado do Pará. Atualmente é largamente plantada em diversas regiões do Brasil e do continente americano (Thomaziello, et al. 1997; Guimarães et al., 2002).

O cafeeiro é um arbusto com altura que varia de 2,0 a 4,0 m, tronco cilíndrico, raiz pivotante profunda e muito ramificada, principalmente nas proximidades da superfície do solo. Apresenta ramos laterais primários longos e flexíveis, chamados de plagiotrópicos, contendo também ramificações secundárias e terciárias. É uma espécie tetraplóide, autógama e que possui uma pequena percentagem de alogamia. O clima ideal é o tropical úmido, de temperaturas amenas, variando na faixa de 18 a 22° C. As principais pragas e doenças nessa cultura no Brasil são: a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastratix* B.B.), a broca-do-cafeeiro (*Hypothenemus hampei* F.), o bicho mineiro (*Leucoptera coffeella* G.M.) e os nematóides das galhas (*Meloidogyne spp.* G.) (Thomaziello, et al. 1997; Guimarães et al., 2002).

4.3 Broca-do-cafeeiro (*Hypothenemus hampei* F.)

4.3.1 Aspectos gerais da praga

O inseto na forma adulta é um pequeno besouro de coloração escura e brilhante com o corpo cilíndrico e robusto. Os machos possuem os mesmos caracteres morfológicos das fêmeas, porém são menores e com asas rudimentares, não voam e nunca deixam o fruto onde se originaram. Cada macho copula com dez fêmeas ou mais, dentro do fruto. A fêmea fecundada perfura o fruto na região da coroa, fazendo uma galeria através da polpa, ganhando o interior de uma das sementes, onde coloca seus ovos. Ao emergirem, as larvas se alimentam das sementes, destruindo-as total ou parcialmente (Rena et al., 1986; Gallo et al., 2002; Guimarães et al., 2002; Lima et al., 2003; Matiello et al., 2005).

O número de gerações, nas condições brasileiras, pode chegar a até sete por ano. O ciclo de vida varia de 17 a 46 dias, dependendo das condições climáticas (Rena et al., 1986; Gallo et al., 2002; Guimarães et al., 2002; Lima et al., 2003; Matiello et al., 2005).

Cure et al. (1998) verificaram, para as condições de Minas Gerais, que existem no mínimo três gerações completas da broca desenvolvendo-se durante o período de formação dos frutos, coincidindo com as informações de Ferreira et al. (2000), que também verificaram três gerações da praga no período de janeiro a junho e a preferência do inseto por frutos de cor vermelha, das cultivares Mundo Novo e Catuaí Vermelho, em relação a cultivar Catuaí Amarelo.

Ferreira et al. (2003) ressaltam que a população da broca-do-café está estritamente relacionada com a disponibilidade e as propriedades adequadas dos frutos, tornando-se a biologia do inseto mais dependente da fenologia da planta do que diretamente dos fatores abióticos envolvidos, desde que estes não estejam em níveis limitantes.

4.3.2 Amostragem da broca-do-cafeeiro

Não tem sido fácil estabelecer um critério prático para determinar com precisão o grau de infestação desta praga na lavoura, pois a broca não se distribui uniformemente nos talhões ou frutos de uma mesma planta (Gallo et al., 2002).

A amostragem deve ser realizada no período conhecido como “trânsito da broca” que ocorre nos meses de outubro a dezembro. Neste período as fêmeas dos frutos remanescentes da safra anterior atacam os frutos novos (Gallo et al., 2002).

A amostragem convencional consiste em coletar, ao acaso, uma amostra de 500 frutos entre os meses de novembro a janeiro, dependendo da região, percorrendo-se o talhão em ziguezague. Os frutos são retirados das plantas do talhão para o cálculo da percentagem de frutos broqueados. A atividade deve ser realizada de 30 em 30 dias, antes de efetuar o controle (Moraes et al., 2002; Gallo et al., 2002).

Para Lima et al. (2003), este método tem problemas de aplicações práticas, devido ao tempo gasto e à grande demanda de mão-de-obra. No entanto, pela amostragem sequencial definiu-se um caminhamento em ziguezague na lavoura cafeeira e escolheu-se um ramo localizado nos ramos plagiotrópicos inferiores de uma planta qualquer para verificar a presença de grão broqueado. Caso a resposta seja afirmativa, o amostrador deverá marcar a nota 0 em uma planilha específica que deverá estar em mãos no momento da amostragem e, caso, a resposta seja negativa para presença de frutos perfurados pela broca, a nota será 1 e

assim somando às notas anteriores até a décima planta. Ao final da contagem das 10 plantas o amostrador verificará a nota acumulada. Se a nota for inferior a nove, ele aplica os produtos fitossanitários, e se a nota for superior a nove, o amostrador continua a amostragem. Desta forma, a amostragem continuará até o fim da planilha, onde, obrigatoriamente será definida a decisão de pulverizar ou não pulverizar (Moraes et al., 2002). Deve-se ressaltar que a amostragem sequencial se baseia na porcentagem de frutos não infestados, pela maior frequência destes na lavoura, porém a adoção dessa técnica de amostragem implica em conhecimento prévio do histórico de infestação da praga na referida área.

Mais recentemente, tem-se utilizado armadilhas com iscas contendo semioquímicos, recomendadas não só para a verificação do nível populacional da broca, mas também para o manejo desse inseto-praga. Consiste de garrafas descartáveis de polietileno tereftalato (PET), usando-se a mistura etanol e óleo de café. Estas armadilhas podem ser utilizadas para detectar os picos de “trânsito da praga” no campo e na colheita (Lima et al., 2003).

Pereira (2006) utilizou armadilhas modelo IAPAR invertidas, contendo a mistura etanol e metanol na proporção 1:3 e benzoaldeído a 1% do volume, com taxa de liberação de 98 mg.dia⁻¹, na densidade de 20 armadilhas.ha⁻¹. O autor verificou baixa captura da broca no período em que os frutos já estão bem desenvolvidos, mas as taxas de captura aumentam na época de trânsito, a partir de agosto. O autor correlacionou insetos capturados com infestação e determinou níveis de dano de 4 adultos da broca/armadilha/quinzena, quando o preço do café estiver alto, e de 7 adultos da broca/armadilha/quinzena em período de preço baixo, enfatizando que na época de trânsito as armadilhas são ferramentas úteis para monitoramento e tomada de decisão para o controle da praga.

4.3.3 Danos

A broca-do-cafeeiro causa prejuízos para toda a cadeia comercial do produto, desde o campo até a exportação, pois este inseto causa além da perda do peso, a queda dos frutos na lavoura e a depreciação da classificação por tipo, pois cinco grãos perfurados constituem um defeito nesta classificação (Gallo et al., 2002 e Matiello et al., 2005).

A redução do peso dos grãos depende da evolução do ataque e do nível de infestação. Matiello et al. (2005) constataram redução de peso da ordem de 13-17% em grãos

broqueados em relação aos grãos sadios, mas podendo chegar a até 50%. Segundo Rena et al. (1986), em café com 100% de infestação, as perdas em peso representam 21,1% de redução em sacas de 60 kg beneficiadas.

A estimativa de perda de peso de frutos de café atacados pela broca pode ser estimado partindo das porcentagens de infestação por ocasião da colheita, onde se pode obter a perda em peso e o tipo de café, considerando apenas a infestação pela broca (Rena et al., 1986). A equação obedece à equação linear $y = 0,0095 + 0,2095x$ proposta por Souza & Reis (1980) e Reis (1984), onde y = perda de peso e x = café broqueado (%).

Fornazier et al. (2001) quantificaram a incidência da broca-do-café no Espírito Santo, por meio da contagem do número de grãos sadios e broqueados em 300 g de café, subdividido em amostras de 100 g. Os resultados obtidos mostraram infestações de 0,44 a 29,23%, com média de 4,29% de grãos broqueados, representando perda de cerca de 50 mil sacas beneficiadas de café arábica, num total de 2,2 milhões de sacas colhidas na safra 99/00. O defeito broqueado representou 6,15% do total de defeitos do café arábica do Espírito Santo.

Os grãos de café danificados pela broca-do-cafeeiro sofrem perfurações e formam galerias, e podendo se deteriorar devido às injúrias, facilitando a penetração de fungos oportunistas e/ou saprófitas (Souza & Reis, 1997). Estes fungos além de prejudicarem o aspecto do produto, podem ser prejudiciais à saúde devido à formação de metabólitos secundários e liberação de toxinas nos grãos de café beneficiado (Reinato, 2006).

Quanto à queda dos frutos broqueados, Yokoyama (1978) observou uma correlação de 4,6:1 queda de frutos broqueados para frutos sadios.

4.4 Fatores que interferem na eficácia de uma pulverização

A tecnologia de aplicação se desenvolveu muito especificamente nas áreas de máquinas e técnicas de aplicação na cultura do cafeeiro, a despeito da pequena importância atribuída a essa ciência no passado (Scudeler et al., 2004). No entanto, o tamanho da planta, densidade da copa, deriva, tamanho de gota, volume de calda pulverizado, forma e volume de planta, velocidade de deslocamento do pulverizador, vento, tipo de equipamento utilizado, combinação de bicos no pulverizador em relação à planta, volume de saída de ar do pulverizador, velocidade do ar e distância do pulverizador até o alvo podem influenciar a

distribuição e os depósitos dos produtos fitossanitários quando aplicados com turbo pulverizador (Raetano, 1996).

O alvo biológico é o organismo que deverá ser atingido durante a aplicação dos produtos fitossanitários, seja ele inseto, fungo, planta daninha ou ácaro e a pulverização deve ser suficiente para o controle dos agentes nocivos à cafeicultura; especialmente, no caso da broca-do-cafeeiro, antes do inseto penetrar o fruto (Jesus Jr. et al., 2007).

O melhoramento genético do cafeeiro busca o maior número de entre-nós e um comprimento maior dos ramos plagiotrópicos (produtivos). Cada nó do ramo plagiotrópico irá produzir mais ramos e mais frutos e conseqüentemente a cultivar será mais produtiva. Porém tais características dificultam a penetração das gotas da pulverização no interior da copa do cafeeiro.

Para Tavares Júnior et al. (2002), Pezzopane et al. (2003), Scudeler et al. (2004) e Ramos et al. (2007), arquitetura da planta, diferença de altura, comprimento de ramos, quantidade e tamanho de frutos, idade da planta e à densidade foliar da planta pode constituir-se em sério obstáculo à penetração das gotas de pulverização.

A necessidade de contato desses produtos com os frutos representa grande dificuldade, pois para se obter o efeito desejado é preciso colocar o produto em todos os frutos, inclusive naqueles posicionados nas partes mais internas e baixas da planta (Scudeler et al., 2004).

A umidade relativa baixa do ar, especialmente quando aliadas às altas temperaturas, aumentam a evaporação, fazendo com que as gotas pequenas se tornem ainda menores, dificultando a sua deposição no alvo. Uma outra maneira pela qual a temperatura afeta a eficiência de pulverização é através do aquecimento do solo, que produz correntes de ar ascendentes, dificultando a deposição imediata das gotas. Finalmente, a temperatura, através do fenômeno conhecido como “Inversão térmica” (temperatura mais altas em alturas maiores), pode fazer com que as gotas finas se dissipem na atmosfera e possam deslocar-se a grandes distâncias (Matuo, 1990; Ramos et al., 2004; Jesus Jr. et al., 2007).

Umidade relativa do ar muito baixa (50% ou menos), pode aumentar a taxa de evaporação, reduzindo o diâmetro das gotas antes que elas atinjam o alvo, dificultando a sua deposição. Também, se a aplicação estiver sendo conduzida com gotas muito pequenas, estas podem evaporar antes de atingir o alvo. Nesta situação, pode-se ter grande deficiência do

funcionamento do produto fitossanitário, pois o produto não atinge o alvo desejado, além de que em condições mais críticas levam o ingrediente ativo a permanecer suspenso no ar por maior período de tempo (Matuo, 1990; Ramos et al., 2004; Jesus Jr. et al., 2007).

As gotas da pulverização podem sofrer influências no sentido horizontal e vertical pela ação do movimento do ar, sendo levadas para outros lugares que não o alvo pretendido (Matuo, 1990; Ramos et al., 2004; Jesus Jr. et al., 2007).

Na cafeicultura, ventos superiores a 10 km.h^{-1} no sentido transversal as linhas de plantio, podem proporcionar menor deriva, em comparação às pulverizações realizadas em culturas anuais, pelo fato da vegetação interceptar aquelas gotas com maior potencial de deriva entre as linhas de plantio.

Para Matuo (1990), as aplicações líquidas são fragmentadas em partículas denominadas gotas. Estas gotas têm comportamento diferente em função do seu tamanho (massa), fato que deve ser considerado para cada pulverização levando-se em conta o alvo biológico.

Gotas menores que $150 \mu\text{m}$ são consideradas susceptíveis a deriva e muitas vezes não chegam ao alvo desejado (Jesus Jr. et al., 2007). Em contrapartida, estas podem se tornar ideais para pulverizações associadas à assistência de ar, atingindo locais na planta antes inatingíveis (Ramos et al., 2007).

Na cafeicultura os volumes de calda por hectare aplicados para o controle fitossanitário são os mais variáveis possíveis, variando de 100 a 300 L.ha^{-1} , com os pulverizadores costais motorizados e de até 400 a 500 L.ha^{-1} com os pulverizadores do tipo “canhão” (Matiello et al. 2005).

Quando se trata de volume de calda a classificação proposta por Matthews (1979) ainda é bastante difundida. Porém atualmente a classificação do volume de calda gasto não se baseia em limites pré-estabelecidos, mas sim pela capacidade máxima de retenção foliar no momento da aplicação. No entanto Jesus Jr. et al. (2007) afirmam que os melhores resultados de controle com inseticidas estão em torno de 100 a 300 L.ha^{-1} .

Para Ramos et al. (2007), não há correlação direta entre o volume de calda utilizado e tamanho das gotas, no controle de pragas e doenças; podem-se trocar as pontas diminuindo o diâmetro mediano de gotas, mantendo-se o volume de calda. Garcia (2006) ressalva a idéia de que o volume de calda deve ser consequência e não objetivo.

O volume de calda é definido na forma de regulagem do pulverizador, de maneira não objetiva, pois esta regulagem possui uma relação direta com a eficácia do tratamento fitossanitário. Ao se considerar apenas o volume de aplicação, resultados muito discrepantes poderão ser obtidos para um mesmo tratamento (Ramos et al., 2007).

Uma vez definido o alvo químico, o volume de pulverização deve ser regulado para depositar adequadamente o produto fitossanitário sobre o mesmo, visando o controle satisfatório (Palladini, 2000; Bueno Jr., 2002; Ramos et al., 2007). Assim, na utilização de turbopulverizadores, o volume de calda utilizado não possui correlação direta com a eficácia de controle e, utilizando-se os conceitos básicos da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: como proporcionar menor tamanho de gotas e maior velocidade do vento proporcionado pelo turbopulverizador; grandes volumes de água hoje utilizados, podem ser reduzidos em mais de 50% proporcionando sensível redução no custo dos tratamentos fitossanitários (Ramos et al., 2007).

Terra (2006) considera a necessidade de estudos no sentido de determinar a quantidade mínima de calda necessária para uma aplicação eficaz com produtos fitossanitários de modo que não afete a qualidade da pulverização e nem comprometa a eficiência do tratamento. Para Bueno Jr. (2002) inúmeras tentativas de controle têm sido realizadas com a redução do volume de calda; no entanto poucas têm obtido êxito em função dos baixos níveis de depósitos deixados e pela má distribuição do produto na planta.

A aplicação excessiva de líquido, em relação ao que a planta consegue reter, ocasiona perdas e, conseqüentemente, baixa eficiência dos produtos fitossanitários. Tais perdas podem chegar a mais de um terço do volume pulverizado (Bueno Jr. 2002).

Oliveira et al. (1998) observaram em ensaios de campo que o óxido de fenbutatina, aplicado com pulverizador, tipo pistola (bicos D6 a pressão de 21,09 kgf cm⁻²), apresentou uma eficiente ação acaricida no controle do *Brevipalpus phoenicis* em citros, com maior volume de calda independente da concentração e também, uma melhora da percentagem de controle de ácaro na medida em que aumenta a concentração do produto independente do volume de calda.

4.5 Equipamentos e técnicas na aplicação terrestre de produtos fitossanitários em cafeeiros

Sugere-se que os equipamentos para aplicação terrestre de produtos fitossanitários na cafeicultura possam ser divididos em aplicadores de sólidos (pó e granuladoras) e aplicadores de líquidos (Pulverizadores, “Low Energy Precision Application” - LEPA e “Drench”), ou ainda, possam ser divididos em “não sensíveis à deriva” (granuladoras, LEPA e “Drench”) e “sensíveis à deriva” (polvilhadoras, pulverizadores costais, turbopulverizador pneumático e turbopulverizador hidráulico).

Caracterizada pela não utilização de água para aplicação dos ingredientes ativos, a aplicação é realizada com produtos de formulações sólidas, definidas como formulações de “pronto uso” (Matuo, 1990). A aplicação de sólidos pode ser dividida em aplicação de pós (polvilhamento), com uso de pó seco (P), ou aplicação de grânulos (GR) com uso de equipamentos manuais, costal com acionamento manual, de tração animal e montado em trator (Matuo, 1990).

Neste tipo de aplicação, os produtos fitossanitários são, em sua maioria, diluídos em água, cuja aplicação é realizada por meio da quebra do volume em gotas, sendo os equipamentos denominados de pulverizadores (Matuo, 1990).

Segundo Matuo (1990) e Corrêa (1997) o termo utilizado com “atomizador” não é adequado para denominar a formação de gotas de pulverização de alguns equipamentos específicos, em conformidade, inclusive, com a Norma ISO 5681-81 (Corrêa, 1997). De acordo com Matuo (1990), neste trabalho serão adotados os termos “turbopulverizador hidráulico” aos pulverizadores com ventilador axial cuja formação de gotas se dá pela energia hidráulica e, “turbopulverizador pneumático” aos pulverizadores com ventilador radial cuja formação de gotas se dá pela energia gasosa, este último em substituição à designação dos antigos “atomizadores”.

A pulverização com energia hidráulica pode ser considerada como um processo mecânico de geração de gotas; onde, partindo-se de um volume grande de líquido, produz um grande número de pequenas partículas desse líquido, chamada de “gotas”. O processo se dá pelo fornecimento de energia potencial a um determinado líquido, através da pressurização, forçando-o por uma bomba a passar por um circuito hidráulico e a sair por uma peça com

orifício, chamada de “ponta de pulverização”. A geometria da ponta faz o líquido emergir em pequenos ligamentos que se quebram, posteriormente, em pequenas gotas de diversos tamanhos denominado de “espectro de gotas”. Este espectro de gotas auxiliado pela assistência de ar oriunda de um ventilador axial do equipamento forma uma cortina de ar capaz de penetrar no interior da copa do cafeeiro. Dependendo do alvo que se pretende atingir com a pulverização necessita-se de um espectro de gota adequado, independente do equipamento de aplicação. Os fatores que influenciam no tamanho da gota gerado na pulverização são: propriedades do líquido (viscosidade, densidade e tensão superficial), ponta (tipo, vazão e ângulo do jato) e pressão de trabalho (Matuo, 1990; Friedrich, 1997; Matthews, 2000; Gallo et al., 2002; Ramos et al., 2004; Garcia, 2006).

Os turbopulverizadores com energia hidráulica são consagrados pelo uso e adequação às culturas arbóreas como café. Diversos trabalhos e notas citam os turbopulverizadores para aplicações de inseticidas, fungicidas, acaricidas, micronutrientes, e pulverizações em geral no cafeeiro (Wiles, 1997; Scudeler et al., 2004; Ramos et al, 2007).

A ponta é a parte mais importante em uma pulverização com energia hidráulica, pois dela depende a vazão e a qualidade da aplicação. Para cada modelo e tamanho de ponta existe um filtro adequado. As pontas de menor vazão exigem filtros mais finos (malha superior a 80) e para as pontas de maior vazão, os filtros podem ser mais grossos (malha inferior a 50), conforme relatos de Ramos, (2000) e Garcia (2006). A numeração do filtro corresponde ao número de aberturas na extensão de uma polegada. As aberturas das malhas são 0,08; 0,14; 0,18; 0,30; 0,60 e 1,00 mm para os filtros 200, 100, 80, 50, 30 e 20 (British Crop Protection Council – BCPC, 1991; Garcia, 2006).

Muitos pesquisadores buscam reduzir a quantidade de produto aplicado, porém, com dosagens e volumes reduzidos, a uniformidade na distribuição deve ser alcançada, caso contrário, a dosagem que chega ao alvo poderá ser insuficiente para causar o efeito biológico desejável. Por isso, a uniformidade de deposição do líquido pulverizado e o tamanho das gotas são fatores que dependem do desempenho do órgão emissor de gotas que, no caso dos pulverizadores, é o bico hidráulico, considerado a parte mais importante do equipamento (Bauer & Raetano, 2004).

A pulverização com energia gasosa é obtida com o equipamento turbopulverizador B612, diferindo da pulverização com energia hidráulica, principalmente na formação das gotas

e no ventilador. O processo se dá pelo fornecimento de energia potencial a um determinado líquido com uma pressurização suficiente para levá-lo a saída do bico, que diferentemente da energia hidráulica, forma um filete líquido a baixa pressão quando comparado a pulverização por energia hidráulica. Com o acionamento do ventilador radial do equipamento, o ar, em grande velocidade, chega aos filetes deixados pelos bicos quebrando-os e dando origem às gotas que são lançadas em direção a planta com alta capacidade de penetração no interior da copa do cafeeiro (Matuo, 1990; Matthews, 2000; Gallo et al., 2002; Ramos et al., 2004; Garcia, 2006).

4.6 Avaliação da distribuição e depósitos da pulverização

A avaliação da pulverização pode ser realizada com papéis hidrossensíveis posicionados em pontos específicos e distintos na planta buscando analisar como as gotas estão chegando e não mais o quanto está se aplicando. Desta forma, estes resultados passam a ser mais importante no sistema de produção e na avaliação de resultados científicos (Ramos et al., 2007).

Scudeler et al. (2004) verificaram com uso de corantes e papéis hidrossensíveis que o volume de calda que atingiu a parte inferior do cafeeiro é maior que o volume de calda que atingiu a parte superior das plantas. Ramos et al. (2007) discutem em seu trabalho a possibilidade de levantar o conjunto ventilador e bicos até a altura média do cafeeiro para aproximar os bicos superiores ao ápice do cafeeiro e distribuir melhor as gotas para evitar tal problema.

Maciel et al. (2001) verificaram que o uso de alvos artificiais para estimar depósito e distribuição apresenta limitação em relação aos métodos que utilizam alvos naturais. As variáveis depósito e distribuição estimam comportamentos distintos, independente da natureza do alvo.

Raetano et al. (2001) constataram em pulverização com diferentes equipamentos em cafeeiros, cultivar catuaí, maior dificuldade de penetração das gotas para depósitos e cobertura de frutos da parte inferior da planta.

4.7 Controle da broca-do-cafeeiro

Um dos principais problemas no controle do inseto está relacionado à sua localização na planta, pois além de se alojar no interior do fruto, protegendo-se do meio externo; o fruto ainda está no interior da copa do cafeeiro, local em que as gotas de pulverização não chegam com tanta facilidade (Scudeler et al., 2004).

Quanto ao controle cultural, recomenda-se que a colheita deva ser bem feita, evitando-se deixar frutos nas plantas e no chão, nos quais a broca poderia sobreviver na entressafra para infestar posteriormente a nova frutificação, sendo recomendável fazer o “repasso” ou a catação dos frutos remanescentes da colheita (Rena et al., 1986; Souza & Reis, 2000; Matiello et al., 2005).

Dentre os inimigos naturais da broca-do-cafeeiro no Brasil, destacam-se a Vespa de Uganda (*Prorops nasuta* W.), que se adaptou somente em algumas áreas mais montanhosas do país, a *Beauveria bassiana* que é altamente adaptada no Brasil e o fungo *Metharizium anisopliae* que vem tendo bons resultados de pesquisa (Rena et al., 1986; Gallo et al., 2002; Matiello et al., 2005).

Para Costa et al. (2002) o fungo *Beauveria bassiana* reduz a infestação da broca-do-café dos 15 aos 120 dias após a primeira aplicação com pulverizações na concentração de $1,52 \times 10^{10}$ conídios/L de calda.

Para a supressão populacional da broca-do-café geralmente é necessária aplicação de produtos químicos, a exemplo do endossulfan, que é praticamente o único produto eficaz registrado para o controle desse inseto-praga no mercado. A recomendação do controle químico para a broca-do-café é a partir do nível de dano de 5% de infestação, utilizando-se o endossulfan a 1,5 a 2,0 L.ha⁻¹, diluído em volume de água que varia de 100 a 250 L.ha⁻¹ (Gallo et al., 2002; Andrei, 2005).

Lucas & Lucas (2001) e Stevanato et al. (2002) verificaram eficácia semelhante para o controle da broca, com os produtos químicos endossulfan (Thiodan ®, com 2,0 L.ha⁻¹) e o thiacloprid (Calypso ®, na dose de 0,1 a 0,4 L.ha⁻¹), quando estes produtos foram aplicados em nível de dano de até 9%. Stevanato et al. (2002) verificaram ainda, redução da qualidade de bebida de café quando tratados com thiacloprid (Calypso ®) comparado à bebida de café tratado com endossulfan (Thiodan ®).

Barros et al. (2001) verificaram eficácia do endossulfan em 90% dos frutos broqueados em relação à testemunha, aos 5 dias após a aplicação, mantendo-se neste nível até 30 dias após a aplicação.

Jocys et al. (2003) utilizaram uma formulação microencapsulada de endossulfan para controle da broca-do-cafeeiro e constataram melhor controle em relação à formulação concentrado emulsionável, por proporcionar maior efeito residual do produto.

Souza e Reis (2000), Costa et al. (2003), Gitirana Neto et al. (2000) compararam o endossulfan, o fipronil e outros inseticidas para controle da broca do cafeeiro e sempre observaram eficácia do endossulfan na dose de 2 L ha^{-1} p.c. e do inseticida fipronil na dose de $0,25 \text{ L ha}^{-1}$ p.c.. Gitirana Neto et al. (2005), também estudaram a aplicação de produtos químicos na forma líquida com os ingredientes ativos thiamethoxam e deste associado ao cyproconazole, aplicados no solo e via foliar para o controle de broca-do-cafeeiro e não obtiveram resultado semelhante ou superior ao endossulfan.

4.8 Classificação do café

Na classificação do café são muitos os fatores que interferem na definição do preço até a comercialização (café beneficiado). As classificações podem ser divididas quanto ao tipo e, quanto à qualidade, onde para a classificação quanto à qualidade são analisados separadamente a espécie do café, o aspecto (que são as características que possibilitam a previsão da homogeneidade da torra do café), a cor (nítida para idade do café armazenado), a seca (ideal de 11 a 13% de umidade, sem manchas de umidade), a torração, a classificação por peneiras (13 a 20) e a bebida (Pimenta, 2003; Rios, 2003; Matiello et al., 2005).

A classificação por tipo de café segue a tabela oficial brasileira de classificação, onde se leva em consideração todas as imperfeições de uma amostra de 300 gramas, seja ela intrínseca (grãos chochos, mal granados, quebrado, broqueados, preto, ardido e verde) ou extrínseca (pau, pedra, torrão, coco, marinho e casca). A tabela atribui um número para cada imperfeição, o qual é chamado de “defeito”. No fim os defeitos são somados e definidos, na própria tabela, em uma escala numerada de 2 a 8, o qual define o “tipo” do lote de café em questão (Pimenta, 2003; Rios, 2003; Matiello et al., 2005).

Além da broca-do-café causar redução de peso no final da produção, confere ainda prejuízos na qualidade do produto dependendo da intensidade de dano causado pelo inseto, uma vez que as porcentagens de grãos broqueados e quebrados aumentam proporcionalmente com o aumento da infestação da praga, resultando num produto de tipo e valor comercial inferior, pois para cada cinco grãos broqueados e/ou quebrados encontrados na amostra, o lote de café correspondente é penalizado com um defeito no sistema de classificação (Pachito, 2009).

A classificação pela torra é baseada na intensidade e na homogeneidade da cor dos grãos. A homogeneidade de torração é considerada “fina” quando a totalidade dos grãos se apresenta de cor homogênea e sem imperfeições; “boa” quando apresenta poucas irregularidades (máximo de 2% de imperfeições); “regular” quando apresenta maiores diferenças de cor e de aspecto (máximo de 10% de imperfeições) e “má” acima desses limites (Pimenta, 2003; Rios, 2003; Matiello et al., 2005). E, a classificação por intensidade pode ser clara, média ou escura (ABIC, 2009) sendo os cafés com torras mais escuras mais vendidos para a população brasileira em relação a outras comunidades como EUA, Comunidade Européia e Japão (Ushiwata, 2008).

Realizado pela tradicional “Prova de Xícaras”, a classificação de bebida é definida principalmente pelo gosto e aroma, e é influenciada pela presença de grãos verdes, verde-pretos, pretos ou ardidos e principalmente pela ocorrência e intensidade de fermentações ocorridas nos grãos de café durante a fase de colheita ou preparo. Em ordem decrescente, a qualidade da bebida pode ser estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada, rio e riozona (Pimenta, 2003; Rios, 2003; Matiello et al., 2005).

4.9 Resíduos de agrotóxicos na planta do cafeeiro e café

Os produtos fitossanitários, além de cumprirem o papel de controlar as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente. O uso freqüente e incorreto desses produtos pode causar a contaminação dos solos, da atmosfera, das águas superficiais e subterrâneas, dos alimentos, apresentando, conseqüentemente, efeitos negativos em organismos terrestres e aquáticos e intoxicação

humana pelo consumo de água e alimentos contaminados, bem como o risco de intoxicação ocupacional e de trabalhadores e produtores rurais (Spadotto, 2006).

O uso dos produtos fitossanitários deve ser equilibrado pela informação dos efeitos que eles podem causar em pessoas que os manipulam nas fábricas e nos campos, nos consumidores de alimentos eventualmente contaminados com seus resíduos, nos animais terrestres, aquáticos e no meio ambiente (Gallo et al., 2002).

Para estes autores a possibilidade de que nossos alimentos estejam contaminados com resíduos de produtos fitossanitários, de maneira geral, é baixa e provêm do mau uso destes no campo, não obedecendo ao período de carência ou intervalo de segurança, que, por lei, vem impresso no rótulo ou bula do produto e que devem levar aos níveis de contaminação perfeitamente dentro dos limites máximos de resíduos (tolerância) estabelecidos pela legislação.

Análises recentes de resíduos de produtos fitossanitários, realizadas de dezembro de 2006 a maio de 2007, com 240 amostras de frutas e hortaliças frescas pelo Laboratório de Resíduos de Pesticidas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo (LARP/ ESALQ/USP) revelaram ausência de resíduos em 42,1 % das amostras, enquanto 57,9% das amostras apresentaram ocorrências de resíduos, das quais 27,1% apresentaram resíduos abaixo da tolerância, 3,3%, acima do Limite Máximo de Resíduos (LMR), e 27,5% das amostras com resíduos de pesticidas sem registro para as culturas nas quais foram detectados. A rigor, 69,2% das amostras estavam em conformidade com a legislação. Constatou-se que 76,9% das ocorrências de resíduos foram procedentes de fungicidas e 23,1% de inseticidas; destes destacaram-se princípios ativos dos grupos dos fosforados e dos piretróides (Gorenstein, 2008).

Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Brasil, o clorpirifos e o endossulfan possuem LMR de 0,05 ppm quando aplicados na folha do café e intervalo de segurança ou período de carência de 21 dias e 70 dias, respectivamente, que corresponde ao intervalo de tempo entre a última aplicação do produto fitossanitário no campo e a colheita. O etofenproxi não possui registro para café no Brasil.

Na comunidade da União Européia (DC, 1991) os limites máximos de resíduos estão estipulados em 0,2 ppm para clorpirifos, 0,1 ppm para a soma dos isômeros alfa e beta endossulfan e do composto sulfato de endossulfan, e o etofenproxi também não possui LMR

para grãos de café na União Européia, estabelecendo na cláusula para LMR de produtos não registrados naquela comunidade de $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$.

No Brasil, já está em desenvolvimento e implantação o sistema de produção integrada do café (PIC), cujos princípios, segundo a Organização Internacional para Controle Biológico de Animais e Plantas Nocivos (IOBC), incluem a estabilidade dos agroecossistemas, o manejo integrado de pragas como base para decisões sobre proteção de plantas, a proteção da diversidade biológica e minimização dos impactos indesejados, sendo a segurança alimentar um de seus objetivos (Raij, 2003).

Neste contexto, considerando que o endossulfan é o único produto fitossanitário registrado com eficácia para controle da broca-do-café, conhecimentos sobre a ocorrência de resíduos no café são de grande importância. O endossulfan é uma molécula insolúvel em água e moderadamente solúvel na maioria dos solventes orgânicos. Essas características tornam o endossulfan propenso a ficar retido nas estruturas orgânicas do grão (óleos e ceras) ou mesmo da própria calda de pulverização (óleo mineral e óleo vegetal), contribuindo para o aumento dos níveis de resíduos químicos no café beneficiado (Larini, 1999).

Segundo Yokoyama (1978), a ação residual do endossulfan é de aproximadamente 21 dias na proteção dos frutos contra a broca-do-café.

No entanto é importante considerar que os resíduos de produtos químicos são influenciados negativamente pelo aumento de temperatura e umidade, e neste caso, a profundidade do depósito pode variar, sendo classificada como extra-cuticular, cuticular e sub-cuticular. Resíduos cuticulares e extra-cuticulares são mais facilmente removidos por lavagem, ou se necessário, no caso de cuticulares, deve-se utilizar a raspagem. Os resíduos sub-cuticulares são removidos com maior dificuldade, neste caso, retirando-se totalmente a casca como é o caso da banana, laranjas e o café descascado (Raetano, 1991).

Rigitano et al. (1989) observaram que o aldicarb presente em café e citros se concentram mais na casca, deixando o endocarpo com menor teor destes produtos. É que no caso do café este ingrediente ativo não causa problema devido à sua degradação durante a torrefação do café antes de ser comercializado.

Para Mendonça (2003) a degradação e tensão superficial dos ingredientes ativos podem ser influenciadas pelos óleos minerais e óleos vegetais quando utilizados com a função

de adjuvantes, pois estes podem favorecer o espalhamento e a absorção dos ingredientes ativos proporcionando um percentual maior de resíduos.

Além das características como a estrutura do produto químico e afinidade dos produtos solventes orgânicos ou a água em que está presente o produto químico, a degradação do ingrediente ativo após a aplicação é extremamente importante para a redução de resíduos químicos nos alimentos.

Os organoclorados oriundos tanto de fontes agrícolas, como de fontes industriais, apresentam, freqüentemente, alta resistência à degradação química e biológica e alta solubilidade em lipídios. A combinação entre a baixa solubilidade de endossulfan em água e a alta capacidade de adsorção na matéria orgânica leva ao acúmulo desses compostos ao longo da cadeia alimentar, especialmente nos tecidos ricos em gorduras dos organismos vivos (Flores et al., 2004).

Segundo Larini (1999) o endossulfan é uma molécula estável à ação da luz solar, o que contribui para a permanência deste ingrediente ativo nos produtos agrícolas tratados com esse produto químico.

Campanhola & Bettioli (2003) verificaram em revisão que os maiores problemas com resíduos de endossulfan em alimentos está relacionado à ingestão de gordura animal. Desta forma o acúmulo deste produto no organismo torna-se originado praticamente sobre mau uso destes produtos no campo e sobre a alimentação de produtos de origem animal contaminado.

Devido à preocupação da sociedade com os problemas de resíduos químicos nos alimentos foi estabelecido nível de tolerância de vários produtos em várias culturas agrícolas. No caso do café beneficiado aceita-se a presença do endossulfan até uma concentração de 0,04 ppm (Gelmini, 1991).

Ribas et al. (1974) verificaram que realizando quatro pulverizações de endossulfan em cafeeiro, sendo a última no início do mês de abril com colheita no início do mês de julho e processamento e beneficiamento ao final de julho, a maior concentração foi de 0,015 ppm; enquanto que para três pulverizações, sendo a última no início do mês de março, o máximo de resíduo quantificado foi de 0,008 ppm.

Vários autores têm registrado que os resíduos se encontram presentes na planta e fruto do café de forma distinta de acordo com os processos evidenciados na degradação das diferentes substâncias aplicadas.

Bull et al. (1970), Andrawes et al. (1971) e Lightfoot et al. (1987) especificaram que o aldicarbe ao sofrer o processo de hidrólise que o degrada dentro da planta, forma derivados de aldicarbe (oximas e nitrilas). Estes derivados de aldicarbe são pouco tóxicos à saúde humana e rapidamente degradados, não ocorrendo risco de intoxicação ao consumir produtos com estes derivados.

Diez-Rodríguez et al. (2006) observaram translocação uniforme dos inseticidas aldicarbe e tiametoxam em plantas de café, quando aplicados no solo. Foi constatada também, a maior persistência do tiametoxam, cujos resíduos foram encontrados até oito meses após a aplicação, enquanto os metabólitos sulfóxido e sulfona foram encontrados entre quatro e seis meses após a aplicação.

Segundo Paraíba (2006), compostos com $\log Kow > 3,5$ resulta em uma profunda afinidade ao carbono orgânico e à matéria lenhosa das plantas, permanecendo aderidas a estas substâncias e, conseqüentemente limitando a penetração destes até os vasos do xilema e do floema. Tomlim (2006) relatou que para o clorpirifos, os isômeros alpha e beta endossulfan e etofenproxi os valores de $\log Kow$ são: 4,7; 4,74; 4,79 e 6,9, respectivamente.

4.10 A ecotoxicologia na avaliação do risco potencial. Efeitos tóxicos *versus* exposição ambiental

A hipótese de certos compostos no ambiente serem perigosos para os seres vivos e para sua respectiva descendência criou uma nova área de investigação em toxicologia ambiental, dedicada ao estudo da toxicidade de substâncias suscetíveis a produzir efeitos nos ecossistemas decorrente de alterações endócrinas nos seres vivos (USEPA, 2002).

A avaliação do risco dos produtos fitossanitários em relação ao homem e ao ambiente apresenta aspectos diferentes, nomeadamente na ênfase, no homem, no indivíduo quanto à saúde humana e, no caso do ambiente, no risco das populações, sobrepondo-se à espécie (Amaro, 2003).

A caracterização do risco é a etapa final do processo de avaliação de risco à saúde humana. Nesta etapa, as avaliações de exposição e de toxicidade são integradas em uma expressão qualitativa e quantitativa de risco. Para caracterizar o potencial de efeitos não cancerígenos, são feitas comparações entre os valores de dose estimados para cada uma das substâncias e seus valores de toxicidade dérmica/respiratória (DR) adequados em função da via de exposição. Serve também como uma ponte entre a avaliação de risco e a gestão de risco e, portanto, torna-se uma etapa chave para o processo de decisão (Castilhos et al., 2005).

Os efeitos ecotoxicológicos resultantes da utilização de produtos fitossanitários podem ser diretos ou indiretos e são vulgarmente analisados recorrendo a testes laboratoriais ou à observação direta de populações selvagens (ADG, 1994). Apesar do maior realismo dos efeitos tóxicos observados em populações selvagens (no seu próprio meio), a complexidade da interpretação dos resultados e o elevado número de fatores que neles interferem, tornam difícil o processo de análise. De modo geral, recorre-se aos testes de laboratório, mais simples e acessíveis. O fato de esses testes serem efetuados em condições normalizadas, permite a comparação dos resultados obtidos em diversos laboratórios. O efeito produzido num organismo de ensaio, devido à presença de um dado composto, pode ser expresso sob diferentes tipos de resposta (“endpoints”), variável com o organismo e composto (Rand et al., 1995). Os “endpoints” típicos, em ecotoxicologia aquática são a mortalidade, o comportamento e o crescimento, podendo, todavia, recorrer-se a muitos outros. Associados aqueles, surgem os valores de LC_{50} e EC_{50} . O valor de LC_{50} (“Median Lethal Concentration”) representa a concentração do composto que provoca a morte a 50% dos organismos em ensaio, sendo expresso, usualmente, em $mg L^{-1}$. O valor de EC_{50} (“median effective concentration”) representa a concentração que provoca determinado efeito (diferente da mortalidade) em 50% dos organismos. Expressa-se de forma idêntica à referida para os valores de EC_{50} . Valores como EC_{10} , NOEL (“No Observed Effect Level”), LOEL (“Lowest Observed Effect Level”) e MATC (“Maximum Acceptable Toxicant Concentration”), são, também, frequentes (Kamrin, 1997). Analisando os referidos “endpoints” tendo em atenção o tipo de ensaio em causa, verifica-se que, enquanto nos testes de toxicidade aguda, onde se estudam os efeitos que ocorrem ao fim de um curto período de tempo de exposição (definido de acordo com o ciclo de vida dos organismos), se registram as percentagens de mortalidade, nos ensaios crônicos, que decorrem durante períodos de tempo mais longos, submetidos o biota a baixas

concentrações, registra-se, usualmente, as alterações do comportamento e crescimento (Pereira, 2003).

O termo “dose-resposta”, que traduz a relação entre a concentração de um composto e o nível de efeito que produz, é um aspecto fundamental em (eco)toxicologia. Para se obter, durante a execução de um teste biológico, uma clara relação “dose-resposta” é importante analisar valores de concentração do composto tóxico que produzem níveis de efeito entre 5% e 100%. Apesar de existirem diferenças, que podem ser significativas, mesmo em organismos da mesma espécie, que representam diferentes formas de resposta à presença de um agente de estresse, os organismos apresentam um padrão comportamental semelhante indicando que, dentro de certos limites, quanto maior for a concentração do agente maior a percentagem de efeito (Pereira, 2003).

4.11 Previsão da exposição ambiental aos produtos fitossanitários

A partir da preocupação com a contaminação ambiental por produtos fitossanitários a nível mundial, desenvolveram-se diversos métodos de avaliação do destino e comportamento que estes produtos podem adquirir ao serem aplicados em culturas (Batista, 2003). Também, a grande diversidade de solos, clima e produtos químicos utilizados na agricultura inviabiliza a realização de inúmeros experimentos em condições de campo para atender todas essas combinações: solo x clima x produtos fitossanitários (Scorza Jr. & Silva, 2007).

Em consequência deste fato, surgiu-se o uso de modelos matemáticos e simuladores com a função de prever o destino desses produtos nos solos, possibilitando grande economia de tempo e recursos financeiros (Bacci & Gaggi, 1993; Gustafson, 1994; Mackay et al., 1997; Vighi & Di Guardo, 1995). A utilização da técnica de modelação matemática e simulação possibilita a integração do conhecimento de forma organizada, gerando resultados conclusivos e possibilitando o estudo das interações das substâncias químicas como produtos fitossanitários dentro de um modelo ambiental representativo (Pessoa et al., 1997).

Várias são as formas de elaborar tal análise, muitas das quais, demandam informações detalhadas, como as obtidas por simulações da dinâmica de produtos fitossanitários no perfil vertical dos solos. Outro modo de se analisar o potencial de contaminação de águas subterrâneas envolve as próprias características dos produtos, usando

os critérios de “screening” da “Environmental Protection Agency” (EPA) ou o índice de GUS (Groundwater Ubiquity Score). Estes critérios classificam o risco de contaminação em alto, médio e baixo em função do transporte de produtos fitossanitários em sedimentos e dissolvidos em água (Ferracini et al., 2001).

Lourencetti et al. (2005) em revisão, relatam que fatores relacionados com as propriedades físico-químicas do produto fitossanitário são analisadas pelos modelos de comportamento ambiental desses produtos, juntamente com algumas condições ambientais normalizadas. Porém, as características de topografia, presença de sistemas de drenagem, redes de entrada de escoamento de águas superficiais e as práticas de manejo realizadas no campo causam incertezas inerentes aos modelos de representação do ambiente, pois diferentes locais apresentam variações no tipo de solo, clima, cultura e outros fatores que, em muitos casos, não são considerados pelos modelos.

No entanto, métodos de previsão da lixiviação, com diferentes graus de complexidade, associados com análise espacial e sistema de informações geográficas podem ser úteis para avaliar o potencial de contaminação da água subterrânea em áreas que apresentam elevado consumo de produtos fitossanitários. O resultado dessa associação pode fornecer subsídios para tomadas de decisões mais rápidas e mais eficientes (Lourencetti et al., 2005).

4.12 Impacto ambiental da utilização de produtos fitossanitários no controle de broca-do-café em ecossistemas agrícolas (Grupo químico)

No Sul e no Sudeste do Brasil, as lavouras que se destacam no consumo de produtos fitossanitários são: soja, cana-de-açúcar, milho, café, citros, arroz irrigado e algodão. Nessas lavouras, o volume aplicado por hectare é relativamente baixo, entretanto o seu consumo global é bastante elevado. Além dos desequilíbrios ecológicos, o uso abusivo desses produtos provoca a contaminação dos alimentos, dos recursos hídricos, dos solos, dos trabalhadores rurais e das cadeias alimentares (Bezerra & Veiga, 2000).

Em revisão, Fracácio (2006) relatou que os ecossistemas aquáticos, de uma forma ou de outra, servem como reservatórios temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, solo ou diretamente na água. As conseqüências

podem ser a perda dos múltiplos usos além dos prejuízos aos seres vivos, e, uma vez carregados para dentro dos corpos de água, os compostos tóxicos podem interagir diretamente com a biota por ingestão e contato, ou se depositar nos sedimentos. Este compartimento funciona, portanto, como um sumidouro temporário de poluentes os quais sob determinadas condições ambientais, podem ser liberados para colunas de água afetando assim não só a fauna bentônica, mas também os organismos tectônicos. Neste sentido os sedimentos podem ser considerados fontes de poluição dentro do próprio ambiente aquático.

Em qualquer aplicação de produto fitossanitário há possibilidade de contaminação da atmosfera, cujas moléculas podem estar no estado sólido, líquido ou gasoso. Todas as pulverizações estão sujeitas à deriva e ao arrastamento pelo vento. A volatilização das moléculas do solo e da água também representa uma fonte de contaminação da atmosfera. Por outro lado, as águas das chuvas, formadas pela condensação e precipitação do vapor de água, também promovem o arrastamento de muitos destes resíduos, presentes no ar e na poeira dispersa na atmosfera, de volta para o solo ou para as águas (Beckmann et al., 2008).

4.12.1 Organoclorados

Os organoclorados causam danos ao ambiente e às pessoas devido à grande estabilidade física e química, persistindo no ambiente por longo tempo. São, em geral, lipossolúveis, ou seja, podem se acumular no tecido adiposo de organismos vivos. Esses compostos são resistentes à hidrólise, podendo sofrer reações fotoquímicas formando derivados com estabilidade e toxicidade similares ou até maiores do que as dos compostos de origem (Sanches et al., 2003). Filizola et al. (2002), Menone et al. (2008) e Ntow et al. (2008) verificaram contaminação das águas superficiais por resíduos de endossulfan. No entanto Botklin & Keller (2000) e Kamrin (1997) afirmam que estes compostos são primariamente transformados, em sistemas aquáticos, tendo baixo potencial de bioacumulação. Tomlim (2006) afirmou que o endossulfan possui log de Kow 4,74 para o isômero alfa e 4,79 para o isômero beta.

Rissato et al. (2004) evidenciou que o emprego de produtos organoclorados, nas últimas décadas, tem produzido acumulação de resíduos tóxicos com concentrações diversas em vários ecossistemas em todo mundo, afetando água, solo, planta, pássaros, mamíferos e até

em invertebrados marinhos onde eles não são empregados. Para estes autores, os organoclorados, devido a sua alta persistência, podem ser arrastados pelas enxurradas de chuvas ou por lixiviação as águas superficiais ou subterrâneas, podendo em qualquer desses locais apresentarem concentrações próximas aos produtos fitossanitários, mesmo anos após cessar a aplicação destes em regiões vizinhas. Na mesma revisão aqueles autores constataram que apesar de parte destes micropoluentes se acumularem ao longo da cadeia alimentar, grande parte ainda permanece nos corpos da água, podendo contaminá-lo, que conseqüentemente a torna imprópria para consumo. Estes níveis poderão conduzir ao aumento de riscos de ocorrência de câncer, bem como causar danos aos sistemas nervoso, cardíaco, endócrino e reprodutivo, além de que os tratamentos de água convencionais são ineficazes na remoção dos organoclorados e, em muitos casos, a concentração desses produtos na água de consumo é similar à dos mananciais.

Existem dois tipos de endossulfan: os isômeros alfa e beta, cujas características são diferentes e, ambos, são degradados no solo com até a uma meia vida (DT_{50}) de 30-70 dias, sendo o mais encontrado o endossulfan sulfato, que é degradado mais lentamente e é, por essa razão, o mais importante metabólito. O endossulfan possui um K_{oc} de 3000-20000 e $K_d < 3$ (Tomlim, 2006).

Nieweglowski (2006) relata que, o endossulfan é biodegradável e as reações de hidrólise ocorrem mais rapidamente na presença de hidróxido férrico. Em rios e lagos, em temperatura ambiente, os isômeros desaparecem em quatro semanas (em pH neutro). Em condições mais ácidas ou alcalinas pode levar até cinco meses. A meia vida do endossulfan na água é estimada em 5,7 a 7,2 dias para o isômero alfa e 304 dias para o beta, sendo extremamente tóxico para organismos aquáticos.

Finizio et al. (2001) realizaram estudos relacionados com o efeito ecotoxicológico de diversos grupos de produtos fitossanitários em solos hipógeos, epígeos e águas superficiais em curto e longo prazo e verificaram que o lindane, inseticida de mesmo grupo químico do endossulfan, possui alto risco em todos os índices calculados a curto prazo e alta pontuação em todos os índices de longo prazo, de acordo com a sua toxicidade e persistência.

4.12.2 Organofosforados

Os compostos organofosforados possuem degradação rápida devido a alta polaridade de suas moléculas, não se acumulando em tecidos animais e gordurosos. Estes inseticidas atuam ligando-se à enzima acetilcolinesterase, inibindo a atividade de degradação do neurotransmissor acetilcolina. Com a inibição desta enzima ocorre o acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica dos neurônios, causando hiperexcitabilidade do sistema nervoso central, devido ao excesso de impulsos nervosos causados pela transmissão contínua dos neurônios (Nieweglowski, 2006).

Os organofosforados apresentam como vantagem do ponto de vista ambiental a fácil degradação (Sanches et al., 2003). No entanto, em condições estéreis, por exemplo, já se evidenciou que a persistência pode ser multiplicada por um fator 100 (Campbell et al., 1991). Portanto, nos lençóis freáticos, caracterizados por condições anaeróbicas e de fraca atividade biológica, inseticidas organofosforados e carbamatos, que de modo global são os menos persistentes (algumas semanas), poderiam permanecer vários anos (Marques, 1996).

Segundo Tomlim (2006), o clorpirifos é degradado no solo a uma taxa moderada em relação ao endossulfan e o etofenproxi, pois o DT_{50} varia de 10-120 dias quando exposto a uma temperatura de 25°C, porém no campo possui valor entre 33 e 56 dias se incorporado. O clorpirifos ainda possui um K_{oc} 1250-12600.

Finizio et al. (2001) em estudos ecotoxicológicos de organofosforados nos solos hipógeos, epígeos e águas superficiais em curto e longo prazo, verificaram que este grupo químico é complexo para as variáveis ambientais e toxicológicas, pois alguns produtos químicos em geral mostram risco de baixo a médio prazo, como heptenophos devido à sua baixa dose de aplicação e de baixa persistência. No entanto, o heptenophos evidencia alto risco apenas para os ambientes aquáticos, a curto prazo. Outros produtos fitossanitários deste grupo mostram ter sempre um risco muito elevado para organismos não alvo (benéficos) devido à alta toxicidade na aplicação, como diazinon e isophenphos. O autor citou que, como regra geral, para a maioria dos organofosforados, o risco parece ser mais elevado no curto prazo, devido à elevada toxicidade aguda e relativamente baixa persistência. Tomlim (2006) afirma que o clorpirifos possui log de Kow 4,7.

4.12.3 Piretróides

Segundo Zambolim et al. (2003), este grupo é formado por inseticidas sintéticos derivados de ésteres do ácido crisantêmico ou pirétrico, cujo uso na agricultura foi iniciado na década de 70. A toxicidade destes compostos é considerada de baixa a moderada. O grupo é composto por moléculas pouco polares, que apresentam degradação mais lenta que os organofosforados.

Os piretróides atuam bloqueando os canais de sódio nos axônios, prolongando ou impedindo seu fechamento permitindo o excesso de íons Na^+ no interior da célula nervosa, conduzindo a potenciais de ação repetitivos que provocam a morte dos insetos e outros seres vivos devido a hiperexcitabilidade (Zambolim et al., 2003).

Compostos desse grupo químico possuem, de um modo geral, uma forte tendência a adsorção ao solo. São moderadamente persistentes, pouco sujeitos a lixiviação para as águas subterrâneas. Relativamente insolúveis na água, prontamente adsorvíveis a sedimentos, e dessa forma então, conduzindo a fraca probabilidade de atingirem as águas subterrâneas. Em condições de lagos naturais e em laboratório, a concentração destes compostos decresce rapidamente devido à sorção ao sedimento, partículas em suspensão e plantas (Kamrin, 1997).

Em experimentos laboratoriais (Etofenprox 185, 2008), a meia vida no solo de etofenproxi é de 6-9 dias com apenas pequenas diferenças entre tipos de solo, diminuindo mais 15% da quantidade inicial de etofenproxi pulverizado quando avaliado 21 dias após aplicação.

Na água foi observado diferente comportamento de estabilidade do etofenproxi de acordo com a mudança da luminosidade e do pH. No escuro, a 25°C, o etofenproxi foi estável sob pH neutro (pH 7,0) e em pH ácido (pH 5,0), estimando-se a meia-vida de um ano. No entanto, sob o efeito da luz solar, a degradação do etofenproxi foi mais rápida (Etofenprox 185, 2008).

De acordo com Tomlim (2006) a meia vida do etofenproxi no solo é de 4 dias a 20°C e noutras circunstâncias pode variar de 7 a 25 dias.

Finizio et al. (2001), em estudos de previsão ecotoxicológicos causados por piretróides nos solos hipógeos, epígeos e águas superficiais em curto e longo prazo, verificaram risco muito elevado para o ambiente aquático a curto prazo devido à sua

toxicidade extremamente alta para animais aquáticos. O risco é fortemente reduzido no índice de longo prazo, devido à sua baixa persistência e hidrofobicidade. Tomlim (2006) afirmou que o etofenproxi possui log de Kow 6,9.

A persistência dos produtos fitossanitários depende de vários fatores locais e com exceção dos organoclorados para os quais a persistência se mede geralmente em anos; qualquer que sejam as condições, é arriscado estabelecer-se uma regra geral (Lartiges & Garriguess, 1995).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em três fases, sendo a primeira referente à avaliação dos depósitos e da cobertura da pulverização de substâncias marcadoras em frutos de café. Na segunda fase avaliou-se a eficácia de produtos fitossanitários no controle da broca do cafeeiro, com interferência na classificação do café e os resíduos de produtos fitossanitários em grãos de café beneficiado. Para estas duas fases do estudo foi avaliada simultaneamente a influência dos equipamentos e volumes de calda. Na terceira fase, desenvolvida em Lisboa-Portugal, trabalhou-se com previsões de impacto ambiental dos inseticidas utilizados para o controle da broca-do-cafeeiro: análise de multicompartimentalidade dos inseticidas no ambiente, previsão de lixiviação e índice ERIP (Environmental the risk impact of pesticides - Índice de risco ambiental para produtos fitossanitários).

5.1 Local e período para os experimentos

Os experimentos de campo foram conduzidos em lavoura de café, cultivar Acaiá, em plantio convencional de 10 anos de idade com espaçamento de 3,6 x 0,9 m, decotada anualmente a dois metros de altura, estando com porte de 2,35 metros de altura no momento da aplicação. A lavoura está localizada no município de Campos Gerais, Minas Gerais, com altitude média de 850 metros, latitude 21° 14' 15'' S e longitude 45° 50' 29'' W na safra 2007/2008 (Ometto, 1981).

5.2 Experimento 1 – Avaliação dos depósitos e cobertura da pulverização

5.2.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso (DBC), com três tratamentos (turbopulverizador pneumático com 150 L.ha⁻¹ - recomendado pelo fabricante, turbopulverizador hidráulico com 300 L.ha⁻¹ e turbopulverizador hidráulico com 600 L.ha⁻¹) e sete repetições, sendo as parcelas constituídas de três linhas de plantio com dez plantas cada, e as partes da planta consideradas subparcelas. Apenas a linha central foi pulverizada dos dois lados e, nesta linha, quatro plantas com enfolhamento representativo da cultura foram selecionadas para as avaliações qualitativas e quantitativas das pulverizações. As demais linhas e plantas foram consideradas como bordadura.

Para avaliar qualitativa e quantitativamente as pulverizações com os volumes de calda estabelecidos foi preparada uma solução marcadora composta pelo corante azul brilhante (FD&C n° 1) a 0,15% (p/v), associado ao pigmento fluorescente Saturn Yellow (0,15% p/v), solubilizado em lignosulfonato vixilperse (0,015% p/v). Utilizou-se essa solução marcadora pela possibilidade de avaliação qualitativa e quantitativa simultânea, sem interferência nas propriedades físico-químicas da calda (Palladini, 2000).

As pulverizações foram realizadas nos dias 5, 6 e 7/03/2007, utilizando-se dois turbopulverizadores distintos, sendo um pneumático para aplicação do volume de calda de 150 L.ha⁻¹ (recomendação do fabricante) e outro do tipo turbopulverizador hidráulico convencional para café, usado para os volumes de 300 e 600 L.ha⁻¹ (Tabela 1).

O turbopulverizador pneumático é uma adaptação da cultura dos citros para uso em cafeeiro e consiste de um turbopulverizador modelo Whirlwind B612 “Autonom-Trac” (turbopulverizador pneumático) com ventilador radial com quatro difusores de 90° e dosificadores de precisão com escala graduada em aço inoxidável nos quais são localizados os seis bicos (UGELLI) em cada difusor. O motor do equipamento é MWM (75 cv) e trabalhando com uma pressão de 1,5295 kgf cm⁻² é capaz de aplicar de 50 a 1200 L.h⁻¹.difusor⁻¹. Os bicos denominados “UGELLI” tem 4 mm cada, situados na corrente de ar e capazes de formar gotas de tamanho de 50 a 150 µm. A central de comando é composta de manômetros à glicerina e válvulas de regulagens, com possibilidade de comandar independentemente a distribuição da

calda nos difusores (Martignani, 2008). O tanque de reservatório de calda possui 2000L de volume com uma bomba de pistão. Este equipamento foi utilizado para realizar a pulverização com 150L ha^{-1} com uma pressão de trabalho de $1,27\text{ kgf cm}^{-2}$. A velocidade do vento da turbina BWM B612 deste equipamento foi equivalente a 60 m s^{-1} (Figura 1).

Tabela 1 Equipamentos e condições operacionais na aplicação da solução marcador para avaliação dos depósitos em frutos de café (*Coffea arabica* L.). Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Equipamento	Número de bicos	Tipo de ponta	Pressão kgf cm^{-2}	Velocidade km h^{-1}	Vol. de aplicação L ha^{-1}	Vazão por bico L min^{-1}
Pneumático*	24	Jato de ar	1,27	5,14	150	0,193
Arbus 1000	24	JA-1	4,64	4,73	300	0,355
Arbus 1000	24	JA-2	4,64	3,83	600	0,575

* Turbo pulverizador pneumático=Turbina B-612 com 4 difusores de 90 graus

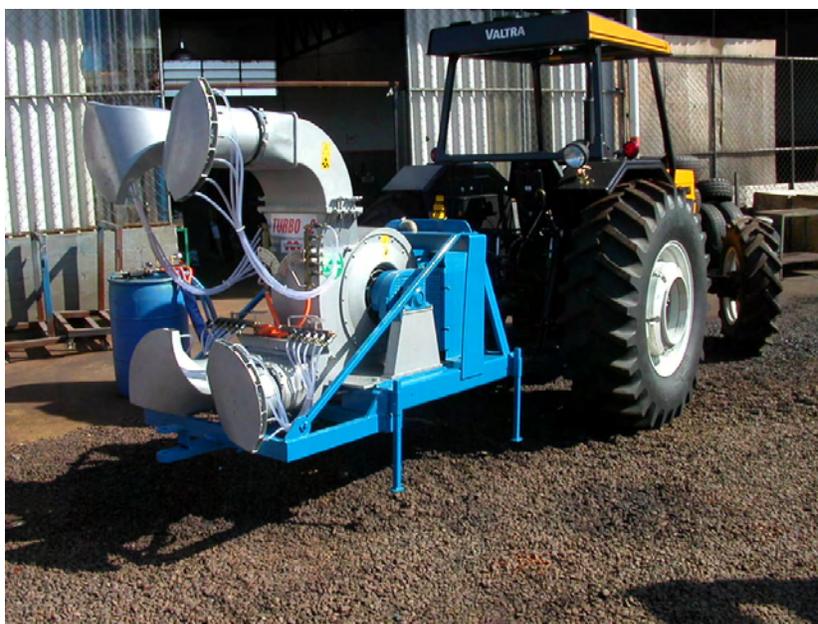


Figura 1. Turbopulverizador pneumático modelo Whirlwind B612 “Autonom-Trac” com quatro difusores de 90° , sem tanque. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

O turbopulverizador hidráulico convencional para café utilizado foi o Arbus 1000 equipado com pontas de pulverização de jato cônico vazio JA-1 para 300 L.ha⁻¹ e JA-2 para 600 L.ha⁻¹, possui ventilador axial, tanque de 1000 L e bomba de pistão. O turbopulverizador possui um ramal de 7 saídas duplas em cada lado do turbopulverizador (Figura 2), sendo utilizadas para as pulverizações somente seis saídas, totalizando 24 saídas, a uma pressão de 4,64 kgf cm⁻² (Tabela 1).



Figura 2. Turbopulverizador convencional utilizado em cafeeiro, com seis saídas duplas abertas em cada lado do ramal do pulverizador. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Os dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) durante a aplicação da calda de pulverização foram registrados por um termohigrômetro (Modelo HT-3003) e anemômetro (Modelo AM-4201), ambos da marca

Lutron, posicionados a dois metros de altura da superfície do solo conforme adotado por Scudeler et al. (2004).

5.2.2 Avaliação quantitativa dos depósitos nos frutos

Após a aplicação da solução marcadora, foram coletadas duas amostras de cinco frutos por planta avaliada, uma amostra na parte superior e uma amostra na parte inferior da planta de café, em quatro plantas por parcela. Os frutos foram coletados com auxílio de luvas cirúrgicas e pinças, para inseri-los em sacos plásticos identificados a fim de não ocorrer perda dos corantes no ato da coleta dos mesmos, e posteriormente levá-los até o laboratório de análises químicas de café do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus de Machado, Minas Gerais.

A cada amostra adicionou-se 20 mL de água destilada, mantendo-a sob agitação por 30 segundos para a remoção do traçador. A solução resultante foi colocada em recipientes de vidros e mantida sob refrigeração ($8 \pm 3^\circ \text{C}$). Após este procedimento, os depósitos foram quantificados por um espectrofotômetro marca Femto, pela leitura da absorvância no comprimento de onda de 630 nm.

Os valores de absorvância lidos pelo espectrofotômetro proporcionaram a sua transformação em ppm (mg.L^{-1}) de acordo com o coeficiente angular da curva-padrão estabelecida pelas diluições das amostras (1/50, 1/100, 1/500, 1/1000, 1/2000 e 1/10000) de cada calda de pulverização coletada no campo.

Como a concentração da calda foi à mesma em todos os volumes, verificou-se a mesma equação ($y=0,0624e^{1,0597x}$) para todos os tratamentos independente do valor da leitura da absorvância de cada volume, obtendo o valor da concentração em ppm do corante azul brilhante a partir da substituição do valor x da equação pela leitura da absorvância da amostra aferida no espectrofotômetro.

Simultaneamente à leitura de absorvância no espectrofotômetro, mediu-se a área dos frutos coletados nas amostras, a fim de calcular volume de líquido atingido no fruto.

Foram tomadas medidas de três diâmetros do grão do café; dois transversais e um longitudinal, obtendo-se a média dos diâmetros e calculando-se a área, considerando-se o fruto como uma esfera perfeita, a partir da fórmula $\pi(D^2)/4$, onde $\pi=3,14$; e D = diâmetro médio.

Em seguida determinou-se o volume depositado no fruto através da seguinte equação:

$C_i * V_i = C_f * V_f$, onde:

C_i = Concentração inicial da calda (1500 ppm);

V_i = Volume inicial a ser calculado;

C_f = Concentração final corresponde à concentração encontrada a leitura do espectrofotômetro;

V_f = Volume final, utilizado para lavar os frutos.

Após determinar o volume depositado calculou-se a deposição em microlitros de calda por centímetro quadrado (cm^2) de superfície do fruto.

5.2.3 Avaliação qualitativa da distribuição da pulverização e cobertura dos depósitos

Para a avaliação qualitativa da cobertura de pulverização nos frutos do café, seguiu-se a metodologia por escala de notas utilizada por Scudeler et al. (2004). Essa escala consta dos valores 1, 2, 3, 4 e 5 que correspondem, respectivamente, à ausência de gotas, 25%, 50%, 75% e 100% da área dos frutos com depósitos, o que possibilita a avaliação visual dos níveis de depósitos com a solução marcadora sob luz ultravioleta.

As amostras consistiram de quatro ramos plagiotrópicos por planta, coletados em quatro plantas por parcela, sendo dois na parte superior e dois na parte inferior de cada planta tomando-se o cuidado de coletar dois ramos/planta de cada lado da linha do cafeeiro.

Os ramos de cafeeiro foram transportados ao laboratório, localizado nas dependências da mesma propriedade rural, e avaliados, sob luz ultravioleta, por três avaliadores distintos, com posterior obtenção das médias.

Para complementar a avaliação da qualidade de cobertura com o corante amarelo fluorescente Saturn Yellow, procedeu-se duas análises numéricas de frequência de notas; uma em relação aos tratamentos, e outra em relação à parte das plantas (Scudeler et al., 2004).

5.2.4 Avaliação qualitativa de pulverização com uso de papel hidrossensível

A qualidade da pulverização também foi avaliada com o uso do papel hidrossensível, que é um papel de coloração amarela e, ao entrar em contato com umidade modifica sua coloração para azul. Desta forma, quando este papel é colocado sobre as folhas das plantas são capazes de formar uma amostra precisa das gotas que foram depositadas na superfície do papel durante a pulverização.

Foram selecionados quatro ramos plagiotrópicos na planta de café, sendo dois ramos pertencentes ao lado do caminhar do pulverizador e os outros dois ramos voltados para o lado oposto ao caminhar do pulverizador. Em cada um dos lados da planta, dois ramos foram selecionados para receberem o papel hidrossensível (76 x 26 mm), sendo um na parte inferior e um na parte superior da planta, totalizando quatro papéis hidrossensíveis distribuídos em cada planta.

Os papéis hidrossensíveis de uma mesma planta foram sempre voltados para o lado da pulverização e sempre posicionados no centro do ramo plagiotrópico, onde ocorre o enchimento dos grãos, sendo este o alvo da pulverização no controle de broca-do-cafeeiro.

Os ramos selecionados para a distribuição dos papéis receberam denominações específicas, em função de sua posição em relação ao caminhar do trator, sendo:

SML= ramo superior pulverizado do mesmo lado do caminhar do trator;

IML= ramo inferior pulverizado do mesmo lado do caminhar do trator;

SLO= ramo superior pulverizado do lado oposto ao caminhar do trator;

ILO= ramo inferior pulverizado do lado oposto ao caminhar do trator;

Após a pulverização da solução marcadora, os papéis hidrossensíveis foram retirados das plantas e acondicionados em recipiente com isolante térmico, e encaminhadas ao Laboratório de Defensivos Agrícolas do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, SP, para análise das gotas pelo software e-Sprinkle (EMBRAPA, 2000), com resolução de 600 dpi pelo software DropCap.

Por meio deste procedimento, foram estimadas as seguintes variáveis: diâmetro mediano volumétrico, diâmetro mediano numérico, percentagem de gotas menores que 150 μm (PRD ($\% \leq 150 \mu\text{m}$)), sendo:

DMV = diâmetro mediano volumétrico;

DMN = diâmetro mediano numérico;

PRD (<150) = porcentagem de gotas menores que 150 μm .

E, finalmente a amplitude relativa das gotas estimada pela fórmula:

$AR = (DV_{0,9} - DV_{0,1}) / DMV$, onde:

AR = Amplitude relativa das gotas;

DV_{0,9} = diâmetro da gota que representa 90% do volume de calda aplicado;

DV_{0,1} = diâmetro da gota que representa 10% do volume de calda aplicado;

5.3 Experimento 2 - Eficiência dos produtos fitossanitários

5.3.1 Delineamento experimental e condução do experimento

Uma lavoura de café com histórico de infestação da broca-do-cafeeiro foi selecionada para a instalação do experimento.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso (DBC) como está apresentado na tabela 2 com quatro repetições. As parcelas consistiram de três linhas de plantio com dez plantas cada, onde apenas a linha central foi pulverizada dos dois lados, avaliando-se quatro plantas, selecionadas considerando a uniformidade de enfolhamento, buscando-se representatividade da lavoura. As demais linhas e plantas foram consideradas bordadura.

Nas plantas selecionadas, foram marcados quatro ramos plagiotrópicos; dois na parte superior e dois na parte inferior de cada planta, sendo um de cada lado da planta em cada estrato.

Foi utilizado um turbopulverizador pneumático, adaptado da cultura dos citros e um turbopulverizador hidráulico, ambos descritos anteriormente no item 5.2.1.

A primeira pulverização dos três inseticidas foi realizada nos dias 13 e 14/02/2007, quando se verificou o nível de infestação de 3% pelo método de amostragem convencional para broca-do-cafeeiro, e continuando o monitoramento do nível de infestação quinzenalmente após o término do período de carência para cada produto; a segunda pulverização foi realizada no dia 02/04/2007 somente com o inseticida clorpirifós e a terceira pulverização foi realizada no dia 18/04/2007 somente com o inseticida etofenproxi. Como não existe registro para o

inseticida etofenproxi em cafeeiro o monitoramento neste tratamento foi quinzenalmente a partir da primeira pulverização, a partir de 1º de março de 2007. Durante as pulverizações as condições climáticas variaram de 39 a 88,4% para a umidade relativa do ar, de 24,1 a 31,6°C para a temperatura e a velocidade do vento não ultrapassou os 6,9 km.h⁻¹ durante a pulverização dos inseticidas (Apêndice 1).

Tabela 2. Tratamentos em DBC: Equipamentos e volumes de calda com as condições operacionais na pulverização dos inseticidas em café (Coffea arabica L.). Campos Gerais, MG, 2007.

Tratamento	Equipamento	Número de bicos	Tipo de ponta	Pressão (kgf cm ⁻²)	Aceleração (rpm)	Marcha	Velocidade (km h ⁻¹)	Volume de aplicação	Vazão (bico) L min ⁻¹	Produto químico
1	Pneumático*	24	Jato de ar	1,26	1800	4r	5,14	150 L ha ⁻¹	0,193	Clorpirifos
2	Arbus 1000	24	JA-1	4,64	1700	4r	4,73	300 L ha ⁻¹	0,355	Clorpirifos
3	Arbus 1000	24	JA-2	4,64	1700	3r	3,83	600 L ha ⁻¹	0,5745	Clorpirifos
4	Pneumático*	24	Jato de ar	1,26	1800	4r	5,14	150 L ha ⁻¹	0,193	Endossulfan
5	Arbus 1000	24	JA-1	4,64	1700	4r	4,73	300 L ha ⁻¹	0,355	Endossulfan
6	Arbus 1000	24	JA-2	4,64	1700	3r	3,83	600 L ha ⁻¹	0,5745	Endossulfan
7	Pneumático*	24	Jato de ar	1,26	1800	4r	5,14	150 L ha ⁻¹	0,193	Etofenproxi + adjuvante Iharol
8	Arbus 1000	24	JA-1	4,64	1700	4r	4,73	300 L ha ⁻¹	0,355	Etofenproxi + adjuvante Iharol
9	Arbus 1000	24	JA-2	4,64	1700	3r	3,83	600 L ha ⁻¹	0,5745	Etofenproxi + adjuvante Iharol
10	Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Turbopulverizador pneumático modelo Whirlwind B612 “Autonom-Trac”

A colheita foi realizada no dia 12 de junho de 2007, e os frutos acondicionados em tambor de 200 litros, contendo dois terços do seu volume com água, para separação do café bóia por densidade. Retirados os grãos tipo bóia, o restante foi levado à Universidade Federal de Lavras para descascamento em descascador elétrico para café, obtendo-se, como resultado, grãos de café verde e cereja descascados.

As amostras foram colocadas dentro de sacos plásticos com furos de 20 mm² utilizados para transporte de cebola, devidamente etiquetadas, sendo o peso e o volume tomados antes e após a lavagem. No caso do café cereja, peso e volume também foram tomados após o descascamento.

Após estes procedimentos todas as amostras foram levadas ao terreiro de café para secagem ao sol durante 22 dias. Após a secagem dos cafés bóia, verde e cereja descascado, procedeu-se o beneficiamento em equipamento na fazenda Limeira, localizada no município de Santana da Vargem, MG, e novamente foram tomados os pesos e volumes, separadamente.

5.3.2 Infestação e eficiência de controle

Amostragens quinzenais foram realizadas para estimativa dos níveis de frutos broqueados nos respectivos tratamentos e da eficiência no controle da broca utilizando a fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955), onde:

$$\% \text{ Eficiência} = [1 - (Id * Ta)/(Ia * Td)] * 100, \text{ onde:}$$

Ta = número de grãos brocados na testemunha antes da aplicação;

Td = número de grãos brocados na testemunha depois da aplicação;

Ia = número de grãos brocados no tratamento antes da aplicação;

Id = número de grãos brocados no tratamento depois da aplicação.

Ao todo foram realizadas nove avaliações durante o período experimental. As amostragens consistiram na contagem do número de grãos perfurados pela broca em cada ramo plagiotrópico na colheita. Antes da primeira pulverização foi realizada uma avaliação prévia para se conhecer o nível de infestação inicial da broca.

A pulverização foi realizada no momento em que a infestação atingiu o índice de 2,93%, respeitando-se o período de carência dos produtos utilizados e realizando novas pulverizações quando necessário até o momento da colheita.

Os dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) durante a pulverização foram registrados por um termohigrômetro (Modelo HT-3003) e anemômetro (Modelo AM-4201), ambos da marca Lutron, posicionados a 2 metros de altura da superfície do solo (Scudeler et al., 2004).

5.3.3 Classificação do café

Após a secagem, as amostras foram conduzidas a União Cooperativa Agropecuária do Sul de Minas (UNICOOP) localizada no município de Três Pontas, MG, para a retirada de subamostras de 300 g de café e contagem do número de defeitos causados pela broca-do-café, visando estabelecer a classificação quanto ao tipo.

Durante a classificação, foi considerado um defeito para 5 grãos broqueados limpo, 1 defeito para 3,5 grãos broqueados rendado e um defeito para 2 grãos broqueados sujos.

Com base nos defeitos nas amostras de café verde, bóia e cereja descascado no peso das amostras café seco, calculou-se por proporção de peso, a quantidade de defeitos causados pela broca na parcela, obtendo-se um valor denominado “bica corrida”. Desta forma, tem-se a influência da broca e dos inseticidas em cada parte do café; bóia, verde, cereja descascado e “bica corrida”.

5.3.4 Determinação de resíduos de inseticidas em café

Terminada a classificação, as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Análises Químicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus de Machado (IF-Machado) para realizar a torra e moagem do café.

Seguindo os padrões recomendados pela ANVISA, duas subamostras de 300g de cada tipo de processamento, sendo uma subamostra torrada ao ponto médio de torra em um torrador de café do IF-Machado, moída em moedor elétrico de café e acondicionada em saco plástico devidamente etiquetado. A outra subamostra, constituída de café beneficiado,

chamada também de “grão verde” no caso de exportação, foi colocada em saco plástico etiquetado e transportada ao Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas (LARP/Esalq) em Piracicaba.

No LARP, as amostras foram armazenadas a -20° C para viabilizar a análise de resíduos em café beneficiado por cromatografia.

5.4 Estudo 3 – Avaliação do destino e comportamento ambiental dos inseticidas em estudo por abordagens preditivas

O estudo por abordagens preditivas foi realizado no Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa (ISA/UTL) e incidiu sobre o potencial de impacto ambiental dos inseticidas: clorpirifos, endossulfan e etofenproxi, utilizados em estudos anteriores de eficácia no controle da broca-do-cafeeiro.

Utilizou-se um modelo de fugacidade, de análise multicompartimental desenvolvido por Mackay et al. (1997) e os índices de lixiviação de GUS (Gustafson, 1989) e de Bacci e Gaggi (1993). Para estes índices de lixiviação foram selecionadas características físico-químicas dos produtos fitossanitários em estudo selecionando-se situações consideradas extremas de lixiviação para estes pesticidas, dos quais sugeriu-se três combinações de valores de K_{oc} e de DT_{50} : (1) valores mais elevados de K_{oc} e menor DT_{50} , (2) menor K_{oc} e maior DT_{50} de acordo com Tomlim (2006) e (3) valores de K_{oc} e DT_{50} de acordo com Footprint (2008), os quais estão apresentados na Tabela 3. Sendo este último considerado uma situação mais intermediária para fatores analisados.

Tabela 3. Produtos fitossanitários utilizados no controle químico da broca-do-cafeeiro, clorpirifos, endossulfan e etofenproxi, com características físico-químicas para cálculo dos potenciais de lixiviação pelos modelos de GUS e de Bacci & Gaggi. Lisboa, 2008.

Ingrediente ativo	Solubilidade (mg/L)	Pressão de Vapor (°C)	K_{oc}	DT₅₀
Clorpirifos	0,4	42,75	12600	33
Clorpirifos	0,4	42,75	1250	56
Clorpirifos*	0,4	42,75	6070	30
a-Endossulfan	0,32	109,2	20000	30
a-Endossulfan	0,32	109,2	3000	70
a-Endossulfan*	0,32	109,2	12400	50
b-Endossulfan	0,33	213,3	20000	30
b-Endossulfan	0,33	213,3	3000	70
b-Endossulfan*	0,33	213,3	12400	50
Etofenproxi	8,13E-7	37,4	14923	7
Etofenproxi	8,13E-7	37,4	8548	25
Etofenproxi*	8,13E-7	37,4	9025	16

Obs: O índice de GUS não leva em consideração os isômeros de alfa e beta endossulfan. A temperatura considerada para o índice de Bacci e Gaggi foi de 20° C.

*(Footprint).

5.4.1 Modelo de fugacidade de análise multicompartmental

Numa avaliação preliminar do destino ambiental dos produtos fitossanitários, pode-se utilizar-se condições ambientais não específicas, com o objetivo de se proceder à análise comparativa das substâncias. Neste caso, um nível de exposição teórico, sem referência a um ambiente real, pode ser avaliado através de um modelo simples, calculado para um universo normalizado, assumido como um ambiente genérico, hipotético e representativo (Batista, 2003).

O modelo de fugacidade de Mackay e co-autores (Mackay, 1979, 1991, 1994; Mackay & Paterson, 1981; Mackay et al., 1997; Paterson & Mackay, 1985) é um dos modelos

mais utilizados. Baseia-se na análise da partição de uma substância entre vários compartimentos ambientais e no conceito de fugacidade (f), que representa a tendência de uma substância química “escapar” de uma fase para outra.

Para o cálculo do modelo de fugacidade foi adotado um universo normalizado avaliativo, designado de “unidade mundo”, atualmente com uma superfície de 100.000 km^2 , que representa aproximadamente a área de Ohio. A altitude atmosférica foi estabelecida arbitrariamente em 1.000 m , representando a região da troposfera mais afetada pelas emissões aéreas locais. Relativamente à área da água superficial considera-se, atualmente, que esta representa 10% do sistema, ou seja, 10.000 km^2 , e que apresenta uma profundidade de 20 m , pelo que o seu volume é de $2 \times 10^{11} \text{ m}^3$. Também se assumiu solo homogêneo até uma profundidade de $0,10 \text{ m}$, com 2% de carbono orgânico e que o seu volume é de $9 \times 10^9 \text{ m}^3$. Aos sedimentos foi atribuída a mesma área ocupada pela água superficial, uma profundidade de $0,01 \text{ m}$ e um teor de carbono orgânico de 4% , apresentando, então, um volume de 10^8 m^3 . Os sólidos suspensos apresentam, neste modelo, um volume de 10^6 m^3 e 20% de carbono orgânico. Quanto à biota aquática (peixes) atribui-se um volume de $2 \times 10^5 \text{ m}^3$ e assume-se que contém 5% de lípidios. Estas duas últimas fases são pequenas em volume e raramente contém uma fração apreciável da substância química presente no sistema, embora seja nestas fases que se registram, muitas vezes, as maiores concentrações da substância (Mackay et al., 1997).

No nível I do modelo de fugacidade de Mackay et al. (1997), assumem condições estáticas, sendo a distribuição prevista aquela atingida em equilíbrio, não considerando todos os aspectos cinéticos e degradativos que caracterizam o comportamento de uma substância no ambiente. No nível II do referido modelo, ainda se considera que é atingido o equilíbrio termodinâmico. No entanto, assume-se que a substância química é continuamente introduzida no sistema a uma taxa constante e já se incorporam os processos advectivos e reativos, sendo necessário considerar os valores de meia-vida da substância nos diversos compartimentos considerados. Neste nível é feita uma primeira estimativa da persistência ambiental total. No nível III, tal como no nível anterior, a substância química é continuamente introduzida no sistema a uma taxa constante e atinge uma condição de “steady state”, em que as taxas de entrada e de saída são iguais. No entanto, considera-se que não existe equilíbrio entre os compartimentos, havendo diferentes fugacidades consoantes ao compartimento em questão. Assim, existe um balanço de massa para cada compartimento. Para, além de considerar os

valores de meia-vida da substância nos diversos compartimentos, é essencial definir, separadamente, as entradas em cada compartimento. O nível IV apenas difere do nível anterior por assumir, de forma mais realística, que o sistema não está numa condição de “steady state” (Mackay et al., 1997; Vighi & Di Guardo, 1995).

Neste modelo utilizam-se as características físico-químicas dos produtos fitossanitários, selecionadas e utilizadas no sistema de cálculo nos modelos, referidas em Footprint (2008) e apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Valores das propriedades físico-químicas e de partição ambiental dos produtos fitossanitários (Footprint, 2008) utilizados no controle da broca do café. Lisboa, 2008.

Inseticida	MM (g/mol)	P. Fusão (°C)	S (mg/L)	PV (Pa)	Log Kow
Clorpirifos	350,89	43	1,05	1,43	4,7
Endossulfan	406,93	80	0,32	0,83	3,13
Etofenproxi	376,49	37,4	0,0225	0,000813	6,9

Temperatura a 25° C; S=Solubilidade; PV=Pressão de vapor.

Com base nos dados selecionados para várias substâncias e através de cálculos da concentração ambiental prevista (PEC, em mol/m³) ou da distribuição ambiental prevista (PED, em %) é possível conhecer e ordenar estas substâncias de acordo com a sua afinidade ambiental, seja para água, solo, ar, sedimento ou peixes (Batista, 2003).

5.4.2 Índices de lixiviação

Existem alguns modelos que consistem em algoritmos simples, baseados exclusivamente nas propriedades físico-químicas das substâncias e que requerem alguns dados dessas propriedades. Em geral, os dados necessários são: o coeficiente de partição carbono orgânico-água (K_{oc}), a meia-vida no solo (DT_{50}) e, em alguns casos, outras propriedades físico-químicas como a solubilidade na água (S) ou a pressão de vapor (PV) (Batista, 2003).

O Índice GUS (“Groundwater Ubiquity Score”) considera a persistência e mobilidade dos produtos fitossanitários pela fórmula $GUS = \log_{10}DT_{50solo}(4-\log_{10}K_{oc})$

(Gustafson, 1989). Nesse índice, o valor 4 é um valor arbitrário (Bacci, 1994), que permite a classificação das substâncias químicas em função do potencial de contaminação das águas subterrâneas. Quando $GUS > 2,8$ as substâncias são consideradas “lixiviáveis”; quando $GUS < 1,8$ são consideradas “não-lixiviáveis” e quando GUS estiver entre os valores de 1,8 a 2,8 o composto é considerado “de transição” (Gustafson, 1989), onde este modelo pode ser utilizado tanto para compostos polares como apolares (Bacci, 1994).

No índice de lixiviação de Bacci & Gaggi (1993), considera-se que o composto é aplicado ao solo numa única dose M_0 (g m^{-2} , ex. $0,1 \text{ g m}^{-2} = 1 \text{ kg ha}^{-1}$) e assume-se que a substância fica homogeneamente distribuída num determinado volume de solo (ex. área de 1 m^2 e profundidade de $0,1\text{m}$). A partição, em equilíbrio, nas várias fases do solo (água, ar, matéria mineral e matéria orgânica) é determinada com base nas propriedades físico-químicas da substância, no volume (m^3) e densidade (kg L^{-1}) dos compartimentos contemplados; e considerando os valores da capacidade de fugacidade Z para cada um dos compartimentos e a fugacidade.

As características ambientais consideradas para calcular o índice de lixiviação é referente a uma área de 1 m^2 com profundidade de $0,1\text{m}$, cuja porosidade do solo é de $0,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, densidade do solo de $1,335 \text{ kg L}^{-1}$, capacidade de campo de $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, capacidade máxima do solo para o ar (“air field porosity”) – $0,4 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, fração de massa de carbono orgânico, $f_{oc} = 0,01 \text{ g g}^{-1}$; densidade do carbono orgânico – 1 kg L^{-1} ; fração volumétrica de matéria mineral – $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e densidade da matéria mineral – $2,5 \text{ kg L}^{-1}$. Por outro lado, por defeito, a taxa de lixiviação da água foi estabelecida em $8,33 \times 10^{-5} \text{ m h}^{-1}$ (2mm.d^{-1}) e a quantidade do produto fitossanitário aplicado em $0,1 \text{ g m}^{-2}$ (1kg ha^{-1}) (Batista, 2003).

Para as características dos produtos fitossanitários utiliza-se, a massa molar; a pressão de vapor; a solubilidade em água (seleccionadas para alfa e beta endossulfan); temperaturas de 25°C e quando a substância for polar ($\log K_{ow} < 3$), introduz-se o valor de $K_{fm} = 0,02 * K_{oc}$, e no caso da substância ser apolar ($\log K_{ow} > 3$), introduz-se o valor de $K_{oc} = 0,41 * K_{ow}$. (Batista, 2003), conforme apresentados nas Tabelas 3 e 4.

O intervalo de valores do índice abrange diversas ordens de magnitude, de 10^0 a 10^{-4} . Considera-se a classificação dos compostos como “lixiviáveis” se os valores estiverem entre 1 e 1×10^{-1} ; “de transição” se os valores estiverem entre $9,9 \times 10^{-2}$ e 1×10^{-2} ; e “não lixiviáveis” se os valores forem inferiores a 1×10^{-2} (Bacci, 1994).

5.4.3 Avaliação do impacto ambiental – Sistema de classificação de riscos dos inseticidas em diferentes ecossistemas, definida por Finizio et al. (2001)

Atualmente o critério utilizado para decidir a aceitabilidade do risco ambiental é geralmente baseado na razão toxicidade – exposição (TER), ou seja, a razão entre o *end point* toxicológico (dose letal média-LD₅₀, dose sem efeitos observáveis-NOEL) e a concentração ambiental prevista (PEC). Estes índices são baseados na Directiva 91/414/CEE da União Europeia e consideram três ambientes diferentes em risco (água superficial, solo epígeo e solo hipógeo), utilizando duas escalas de tempo, uma imediatamente após a aplicação do produto fitossanitário e outro após um período médio maior com uma área mais vasta (Finizio et al., 2001).

Como critério decidiu-se verificar o ERIP (Índice de risco ambiental para produtos fitossanitários) e, a partir da maior exposição definida pelo Nível I do modelo de fugacidade de Mackay, analisar somente o ambiente com maior potencial de risco.

Para o cálculo dos índices de impacto ambiental nos diferentes compartimentos, são utilizados: a exposição à dose de aplicação máxima – MRA; a distribuição ambiental prevista – PED; a bioacumulação; o tempo de meia-vida no solo-DT₅₀; a concentração efetiva média EC₅₀; a dose letal média – LD₅₀; a concentração sem efeitos observáveis - NOEC em vários organismos representativos dos três sistemas ambientais (Finizio et al., 2001).

A caracterização físico-química e ecotoxicológica dos inseticidas em estudo para avaliação do impacto ambiental encontram-se apresentados na Tabela 5. Os PED's estão apresentados no tópico 6.4.1 resultantes dos cálculos do Nível I do modelo de fugacidade de Mackay.

De acordo com Finizio et al. (2001) o índice de risco para o sistema hipógeo em curto prazo (PRIHS-1) calcula o risco para organismos hipógeos vindos não imediatamente após uma aplicação de produto fitossanitário. A concentração ambiental prevista (PEC) é calculada pressupondo que o produto se espalha uniformemente sobre uma superfície de 1 hectare e por uma camada de 0,05 m. Assumindo que a densidade do solo é igual a 1,5 g cm⁻³, a PEC pode ser calculada como:

$$\text{PEC (mg kg}^{-1}\text{)} = \text{MRA} / 750 \quad (\text{E1});$$

onde: MRA = "taxa máxima de aplicação" (g ha^{-1}), e 750 é: $10.000\text{m}^2 \times 5 \text{ cm} \times 1,5 \text{ g cm}^{-3} = 750.000 \text{ kg}$. Como o PEC é expresso em miligramas por quilo de solo e a taxa máxima de aplicação é expressa em g ha^{-1} , este valor (750.000) é corrigido dividindo-o por 1000 para corrigir as unidades.

Tabela 5. MRA, DT₅₀ e características ecotoxicológicas dos inseticidas (Finizio et al., 2001).

Inseticida	MRA (ppm)	DT ₅₀	EC ₅₀ algas (mg L ⁻¹)	EC ₅₀ daphnia (mg L ⁻¹)	LC ₅₀ peixes (mg L ⁻¹)	LD ₅₀ abelhas (µg abelha ⁻¹)	LD ₅₀ aves (mg kg ⁻¹)	LD ₅₀ mamíferos (mg kg ⁻¹)	EC ₅₀ minhocas (mg kg ⁻¹ de solo)
Clorpirifos	1500	50*	0,48*	0,0001*	0,0013*	0,059*	13,3*	66*	210**
Endossulfan	2000	50*	2,15*	0,44*	0,002*	7,81*	111*	38*	14*
Etofenproxi	600	11*	0,15*	0,0012*	0,0027*	0,13*	2000*	2140**	24,6*

* Site: FOOTPRINT Pesticide Properties Database <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>>

** Tomlim (2006)

Os valores e pesos estabelecidos para os diferentes intervalos de risco de categorias nos quais foram subdivididos e os possíveis valores de TER são apresentados na Tabela 6. O valor final do produto fitossanitário, variando de 0 a 100, pode ser calculado através do seguinte algoritmo (E2):

$$\text{PRIHS-1} = (A * 5,5) + (B * 5) + (C * 2) \quad (\text{E2})$$

Tabela 6. PRIHS-1, TER, categorias com respectivas pontuações e pesos para organismos não alvos representados no sistema de solo hipógeo.

Minhocas (A)		Artrópodes benéficos (B)		Mamíferos (C)	
(EC50/PEC)	Pontuação	% Efeito (MRA)	Pontuação	(LD50 cut./PEC)	Pontuação
>1000	0	(2 * MRA) = 0%	0	>1000	0
1000-100	1	0% < MRA < 30%	2	1000-100	1
100-10	2	MRA > 30%	4	100-10	2
10-1	4	(0,5 * MRA) > 30%	8	10-1	4
<1	8			<1	8
W=5,5		W=5		W=2	

Para o cálculo do índice de risco dos produtos fitossanitários para o sistema hipógeo a longo prazo (PRIHS-2), considera-se o período de tempo da aplicação e a persistência da substância. Consequentemente calcula-se o PEC pela seguinte equação (E3):

$$\text{PEC}_{\text{LT}} = \text{PEC}_{\text{ST}} (1 - e^{-kt}) / kt \quad (\text{E3})$$

onde: PEC_{LT} é a concentração ambiental prevista no solo após um dado período de tempo; PEC_{ST} é a concentração ambiental prevista imediatamente após a aplicação; t é o período de tempo considerado em função do ensaio toxicológico (14 dias para as minhocas e 730 dias para os mamíferos) e $k = \ln 2 / \text{DT}_{50}$.

Os valores e pesos estabelecidos para os diferentes intervalos de categorias nos quais foram subdivididos os possíveis valores de TER (ou níveis de efeitos) são indicados na Tabela 7. O peso final do composto pode ser obtido através do seguinte algoritmo (E4):

$$\text{PRIHS-2} = (A * 4) + (B * 4) + (C * 3) (D * 1,5) \quad (\text{E4})$$

O índice de riscos dos produtos fitossanitários para o sistema epígeo a curto prazo (PRIES-1) avalia o risco para os organismos epígeos, não visados imediatamente após uma aplicação do produto. Para as abelhas, a pontuação é aplicada para o quociente de perigo (HQ) (EPPO, 1993); a relação entre o MRA (g ha^{-1}) e o DL_{50} ($\mu\text{g abelha}^{-1}$). Para as aves e mamíferos, as pontuações referem-se à relação entre os valores de DL_{50} e da ingestão diária total (TDI) (mg kg^{-1}). O TDI é calculado com base nas concentrações tipicamente alcançadas sobre as culturas após o tratamento fitossanitário, avaliados de acordo com Hoerger e Kenaga (1972).

Os intervalos de classificação do risco para os organismos selecionados não visados conjuntamente com os seus valores e pontuações relativas para o cálculo do índice PRIES-1 são apresentados na Tabela 8.

O valor final é obtido de acordo com a seguinte equação (E5):

$$\text{PRIES-1} = (A*3) + (B*4) + (C*3) + (D*2,5) \quad (\text{E5})$$

No índice de risco dos produtos fitossanitários para o sistema epígeo (PRIES-2) a longo prazo é considerada uma escala de tempo maior. Em relação à variabilidade de possíveis cenários ambientais não pode ser calculado o PEC, conseqüentemente, este índice é qualitativo devido à impossibilidade de obtenção de um TER quantitativo.

As pontuações são estabelecidas por um número selecionado de parâmetros de exposição e efeitos. Além da dose de aplicação os parâmetros de exposição incluem a persistência, expressa como DT_{50} no solo; potencial de bioconcentração expresso como $\log K_{ow}$; e afinidade para os compartimentos solo e ar, expresso em percentagem e de distribuição calculada através do Nível I do modelo de Fugacidade de Mackay (Mackay et al., 1997).

Os valores de exposição e de efeitos ecotoxicológicos são combinados através de um algoritmo para o cálculo final do sistema epígeo a longo prazo estabelecidos pela seguinte equação (E6) e apresentados nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

$$\text{PRIES-2} = ((\sum_{i=1}^5 T_i)/5) * ((A+S)/2) * B * P * \text{MRA} \quad (\text{E6})$$

onde: Q_D = taxa do produto fitossanitário que atinge a massa de água por deriva; MRA= dose máxima de aplicação; e D_F = fração de deriva (assume-se 4%, de acordo com Ganzelmeyer et al., 1995). A concentração do produto fitossanitário no corpo de água a curto prazo (PEC_{ST}) pode ser calculado como a soma da deriva e do escoamento superficial (enxurrada) e

representado por: $PEC_{ST}=Q_D+R_O$. No entanto, neste trabalho não se calculou a quantidade de inseticida que atinge o corpo de água, por escorrimento devido a indisponibilidade do uso do software adequado (Soil Fug.).

Tabela 7. PRIHS-2, categorias de TER com respectivas pontuações e pesos para organismos não alvos representativos do sistema solo hipógeo.

(NOEC/PEC) (14 d)	Minhocas (A)		Microorganismos (B)		Artrópodos Benéficos (C)		Mamíferos (D)	
	Pontuação	% Efeito	Pontuação	% Efeito	Pontuação	% Efeito	Pontuação	(NOEL/CD) (2 anos)
>1000	0	(2*MRA)=0%	0	(2*MRA)=0%	0	(2*MRA)=0%	0	>1000
1000-100	1	0%<MRA<25%	2	0%<MRA<30%	2	0%<MRA<30%	2	1000-100
100-10	2	MRA>25%	4	MRA>30%	4	MRA>30%	4	100-10
10-1	4	0,5*MRA>25%	8	(0,5*MRA)>30%	8	(0,5*MRA)>30%	8	10-1
<1	8							<1
W=4			W=4		W=3		W=1,5	

Tabela 8. PRIES-1, intervalos de classificação de risco, pontuações e pesos para organismos não alvos no sistema de solo epígeo.

HQ	Abelhas (A)		Aves (B)		Artrópodos Benéficos (C)		Mamíferos (D)	
	Pontuação	(LD ₅₀ /TDI)	Pontuação	(LD ₅₀ /TDI)	Pontuação	% Efeitos	Pontuação	(LD ₅₀ /TDI)
>1	0	>1000	0	>1000	0	(2*MRA)=0%	0	>1000
1-10	1	1000-100	1	1000-100	2	0%<MRA<30%	2	1000-100
10-100	2	100-10	2	100-10	4	MRA>30%	4	10-100
100-1000	4	10-1	4	10-1	8	(0,5*MRA)>30%	8	10-1
>1000	8	<1	8	<1				<1
W=3			W=4		W=3		W=2,5	

Tabela 9. PRIES-2, pontuações atribuídas à exposição de parâmetros.

DT ₅₀ (d)	Pontuação	Bioacumulação (B)		Afinidade ao ar (A)		Afinidade do solo (S)		Razão de aplicação	
		Log (Kow)	Pontuação	%	Pontuação	Fugacidade Nível 1	%	Fugacidade Nível 1	g/ha
<10	1	<2,5	1	<0,001	1	<1	1	<50	0
10-30	2	2,5	1,25	0,01-5	1,25	1-20	1,25	50-200	1
30-90	3	>3,5	1,5	>5	1,5	>20	1,5	200-1000	2
90-300	4							1000-10000	3
>300	5							>10000	4
									5

Tabela 10. PRIES-2, pontuações atribuídas aos parâmetros do efeito ecotoxicológico.

Plantas (T1)	Abelhas (T2)	Artrópodos benéficos (T3)			Aves (T4)	Mamíferos (T5)	
		NOEL ($\mu\text{g abelha}^{-1}$)	Pontuação	NOEL (g ha^{-1})			Pontuação
+	4	<0,1	4	<10	4	<0,1	4
-	0,1	0,1-1	3	10-100	3	0,1-1	3
		1-10	2	100-500	2	1-10	2
		10-100	1	500-1000	1	10-100	1
		>100	0,1	>1000	0,1	>100	0,1

Os valores e pontuações estabelecidos para cada TER, obtidos como relação entre a toxicidade aguda (EC_{50} ou LC_{50}) e o PEC_{ST} , para os organismos selecionados representativos do sistema de água superficial são indicados na Tabela 11. O valor final é obtido pela seguinte equação (E8):

$$PRISW-1 = (A*3) + (B*4) + (C*5,5) \quad (E8)$$

Tabela 11. Intervalos de classificação de risco, pontuações e pesos para organismos não alvos na segurança do sistema água.

Alga (A)		Daphnia (B)		Peixe (C)	
(EC_{50}/PEC)	Pontuação	(EC_{50}/PEC)	Pontuação	(LC_{50}/PEC)	Pontuação
>10000	0	>10000	0	>10000	0
10000-1000	1	10000-1000	1	10000-1000	1
1000-100	2	1000-100	2	1000-100	2
100-10	4	100-10	4	100-10	4
10-2	6	10-2	6	10-2	6
< 2	8	< 2	8	< 2	8
W=3		W=4		W=5,5	

No índice de risco dos produtos fitossanitários a longo prazo no sistema água superficial (PRISW-2), um PEC quantitativo dificilmente pode ser calculado, tal como para PRIES-2, por isso, é utilizado uma abordagem qualitativa, com base na distribuição percentual do nível I de fugacidade. Todavia estima-se uma correlação entre PEC_{ST} calculado com o modelo SoilFug (assumindo uma dose de aplicação constante de 1 kg ha^{-1}) e a percentagem de distribuição em água calculada com o nível I do modelo de fugacidade de Mackay. As relações permitiram identificar uma série de classes de concentrações (Tabela 12). Desta forma, foi possível estabelecer cinco diferentes classes de concentrações de água (CCW: negrito na Tabela 12) correspondentes aos limites superiores dos intervalos de PEC_{ST} (pior cenário). A concentração teórica em água (TCW) pode ser calculada através da seguinte equação (E9):

Por fim, uma exposição teórica em água (TEW: mg L^{-1}) é obtida através da multiplicação do TCW pela pontuação para a persistência.

Tabela 12. Classes de concentrações em função da relação entre a distribuição ambiental prevista na água (PED %) obtido com modelo de fugacidade Nível 1) e os PECst obtidos utilizando o modelo SoilFug.

PED agua % (Fuga.- Nível 1)	PECst (SoilFug) (mg/L)	DT₅₀ soil (d)	Pontuação
>95	1,0E-02 – 1,0E-01	<5	0,01
60-95	1,0E-03 – 1,0E-02	5-10	0,1
20-60	1,0E-04 – 1,0E-03	10-30	1
2-20	1,0E-05 – 1,0E-04	30-90	10
0,1-2	1,0E-06 – 1,0E-05	90-300	50
		>300	100

Nota: Também é relatada a classificação do DT₅₀ no solo em conjunto com relativa pontuação.

A pontuação para DT₅₀ pode ser justificada tendo a consideração que após um longo tempo (por exemplo, 90 dias) um produto químico com um DT₅₀ inferior a 5 dias praticamente desaparecerá (0,01%); com um DT₅₀ de 90 dias o montante remanescente é 50% da dose aplicada, e se com DT₅₀ é superior a 300 dias, o produto químico está quase completamente presente.

$$TCW \text{ (mg/L)} = (MRA * CCW) / 10 \quad (E9)$$

O cálculo do risco de contaminação da água a longo prazo pode ser calculada através da equação a seguir (E10), onde as pontuações para os organismos aquáticos, de bioacumulação e de fugacidade de sedimentos calculado pelo Nível I de Mackay estão apresentados na tabela 13.

$$PRISW-2 = \sum (TER * W) * B * S \quad (E10)$$

onde: B e S referem-se aos valores do potencial de bioacumulação (log Kow) da substância e sua distribuição percentual em sedimentos (Nível I do modelo de fugacidade). Os TER's são obtidos através da relação entre o NOEL para os organismos aquáticos e o TEW expresso em mg L⁻¹.

Tabela 13. Classificação TER, pontuações e pesos da representação de organismos não alvos de segurança do sistema água.

Alga		Daphnia		Peixe		Bioacumulação		Afinidade dos sedimentos Fugacidade Nível 1	
TER	Pontuações	TER	Pontuações	TER	Pontuações	Log K _{ow}	Pontuação (B)	%	Pontuação (S)
>1000	0	>1000	0	>1000	0	≤ 2,5	1	< 1	1
100-1000	1	100-1000	1	100-1000	1	2,5-3,5	1,1	1-30	1,1
10-100	2	10-100	2	10-100	2	>3,5	1,25	> 30	1,25
1-10	4	1-10	4	1-10	4				
<1	8	<1	8	<1	8				
W=2		W=3		W=3					

Nota: Também são relatadas pontuações atribuídas a bioacumulação e o percentual de distribuição nos sedimentos.

Índice do Risco Ambiental para Produtos fitossanitários (ERIP)

O Índice de Risco Ambiental de Produtos fitossanitários (ERIP) é um índice que pretende fornecer informações gerais sobre o risco global para o ambiente colocado pela utilização desses produtos. Obviamente, devido ao elevado número de parâmetros envolvidos na caracterização do risco ambiental e da impossibilidade de produzir valores quantitativos quer pela exposição ou pelos efeitos, tal sistema produz apenas uma informação qualitativa.

Os parâmetros de exposição incluem a distribuição percentual nos principais compartimentos ambientais (PEDs - ar, solo, água, e sedimentos) calculados pelo Nível I do modelo de fugacidade de Mackay, persistência, potencial de bioacumulação e MRA (Tabelas 14 e 15). Diferentes pontuações são atribuídas aos quatro compartimentos ambientais.

Para a avaliação dos efeitos foram considerados dados de toxicidade sobre os organismos representativos dos principais níveis de organização taxonômica e ecológica para as três tipologias ambientais (aquático, epígeo terrestre, hipógeo terrestre) toxicológicos típicos para cada ambiente (T_{WAT} , T_{EPY} , T_{HIPO}) foram definidos como a média das pontuações atribuídas para a toxicidade dos produtos fitossanitários sobre os organismos relacionados pertencentes ao mesmo ambiente (Tabelas 16, 17 e 18). Em muitos casos, tanto os dados de toxicidade aguda quanto crônica podem ser utilizados em função da disponibilidade de dados. As pontuações para os efeitos podem ser calculada pela seguinte equação (E11):

$$T_x = (\sum_1^n \text{pontuações})/n \quad (E11)$$

onde: T_x = média das pontuações para os efeitos tóxicos da substância num sistema ambiental e particular; e n = número de valores de toxicidade individual.

Para cada sistema ambiental, as pontuações obtidas a partir da média dos parâmetros de efeitos (T) são multiplicados por aqueles obtidos da correspondência de parâmetros de exposição (D). Assumindo que seja pouco provável que um produto químico produz elevado risco em todos os ambientes, é importante realçar o papel do ambiente com maior impacto ambiental final da avaliação. Por isso, diferentes pontuações são atribuídas em função da $D \cdot T$ valor (1,5 para o sistema em maior risco e 0,5 para os outros dois sistemas). Assim, o índice pode ser calculado através da equação (E12):

Tabela 14. Classes de afinidade de ar, água, solo e sedimentos por produtos fitossanitários e relativas pontuações e pesos.

Afinidade do ar		Afinidade da água		Afinidade do solo		Afinidade dos sedimentos	
Fugacidade Nível 1 (DA)		Fugacidade Nível 1 (DW)		Fugacidade Nível 1 (DS)		Fugacidade Nível 1 (DS _{ED})	
%	Pontuações	%	Pontuações	%	Pontuações	%	Pontuações
< 0,1	0,5	< 1	0,5	< 0,1	0,5	< 0,1	0,5
0,1-1	1	1-10	1	0,1-5	1	0,1-5	1
1-5	1,25	10-50	1,25	5-10	1,25	5-10	1,25
5-20	1,5	50-90	1,5	10-30	1,5	10-30	1,5
>20	2	>90	2	>30	2	>30	2
W=1		W=1,5		W=1		W=0,5	

Nota: Afinidade obtida através da aplicação do modelo de Mackay (Fugacity Level 1).

Tabela 15. Classificação de intervalos de risco e peso para persistência, bioacumulação e razão de aplicação de produtos fitossanitários.

Persistência (P)		Bioacumulação (B)		Máxima razão de aplicação (MRA)	
DT ₅₀ (d)	Pontuação	(log K _{ow})	Pontuação	(g/ha)	Pontuação
<10	0,5	< 2,5	1	<50	0,5
10-30	1	2,5-3,5	1,1	50-200	1
30-90	2	>3,5	1,25	200-1000	2
90-300	3			1000-10000	3
>300	4			>10000	4

Tabela 16. Classificação toxicológica e pontuações para alga, daphnia e peixe para cálculo ERIP.

Alga		Daphnia			Peixe			
(NOEC) (96h)	EC50 (96h) (mg/L)	Pontuação	(NOEC) (21-28d)	EC50 (48h) (mg/L)	Pontuação	(NOEC) (14-28d)	EC50 (96h) (mg/L)	Pontuação
<0,01	<1	2	<10E-3	<0,1	2	<10E-3	<0,1	2
0,01-0,1	1-10	1,5	10E-3-10E-2	0,1-1	1,5	10E-3-10E-2	0,1-1	1,5
0,1-1	10-100	1	10E-2-10E-1	1-10	1	10E-2-10E-1	1-10	1
1-10	100-1000	0,5	10E-1-1	10-100	0,5	10E-1-1	10-100	0,5
>10	>1000	0,1	>1	>100	0,1	>1	>100	0,1

Tabela 17. Classificação toxicológica e pontuações para organismos do sistema solo epígeo para cálculo ERIP.

Plantas	Abelhas		Artrop. Benéficos		Aves		Mamíferos			
	(NOEL) (µg abelha ⁻¹)	LD ₅₀ (µg abelha ⁻¹)	Pontuação (B)	%	Pontuação (C)	(NOEL) (mg kg ⁻¹ d)	LD ₅₀ (96h) (mg L ⁻¹)	(NOEL) (mg kg ⁻¹ d)	LD ₅₀ (96h) (mg L ⁻¹)	Pontuação
+	<0,01	<0,1	2	>80	2	<1	<10	<1	<10	2
-	0,01-0,1	0,1-1	1,5	80-50	1,5	1-10	10-10E2	1-10	10-10E2	1,5
	0,1-1	1-10	1	50-30	1	10-10E2	10E2-10E3	10-10E2	10E2-10E3	1
	1-10	10-100	0,5	30-10	0,5	10E2-10E3	10E3-10E4	10E2-10E3	10E3-10E4	0,5
	>10	>100	0,1	<10	0,1	>10E4	>10E3	>10E4	>10E3	0,1

Tabela 18. Classificação de toxicidade de produtos fitossanitários e relativas pontuações no sistema de solo hipógeo em organismos não alvos.

NOEL (mg kg ⁻¹ d)	Minhocas		Microrganismo	
	LD ₅₀	Pontuação (A)	% Efeito	Pontuação (B)
<0,1	<1	2	(0,5*MRA)>25%	2
0,1-1	1-10	1,5	MRA > 25%	1,5
1-10	10-10E-2	1	0% < MRA < 25%	1
10-100	10E2-10E3	0,5	(2*MRA)=0%	0,1
>100	>10E3	0,1		

$$ERIP = [(D_{(W+SED)/2} * T_{WAT}) * W_1 + (D_{(A+S)/2} * T_{EPY}) * W_2 + (D_S * T_{HIPO}) * W_3] * P * B * MRA \quad (E12)$$

onde: $D_{(W+SED)/2}$ é a pontuação média dos valores atribuídos para a percentagem de distribuição química em água e sedimentos (Fugacidade Nível I); $D_{(A+S)/2}$ é a pontuação média dos valores atribuídos para o percentual de distribuição química em ar e solo (Fugacidade Nível I); D_S é a pontuação média dos valores atribuídos ao percentual de distribuição química no solo (Nível de Fugacidade I); T_{WAT} , T_{EPY} , T_{HIPO} são pontuações médias para os efeitos em água, nos sistemas de solo epígeo e hipógeo; W = pontuações (1,5 ou 0,5); P = pontuações para a persistência; B = pontuações para o potencial de bioacumulação; e MRA = valores médios da dose máxima de aplicação. Teoricamente, o valor final de ERIP situa-se no intervalo 0,05 a 200; no entanto, tal como para o PRIES-2, valores superiores a 100 são muito raros.

5.5 Análise estatística

Os valores obtidos referentes à estimativa quantitativa dos depósitos em frutos e à avaliação qualitativa da cobertura de pulverização em frutos, tanto pela metodologia da escala de notas, quanto pelo uso do papel hidrossensível, foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando-se blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no espaço e

as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade realizada pelo programa SISVAR 4.3 (Ferreira, 2000).

Os valores médios de infestação da broca-do-cafeeiro foram submetidas ao teste de Levine para verificar a homogeneidade das variâncias e em seguida analisadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Os valores referentes às médias da infestação da broca-do-cafeeiro e a estimativa de perda de peso foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SISVAR 4.3.

Os valores referentes ao número de defeitos de café causados pela broca foram transformados em \sqrt{X} e analisados pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância com o programa SISVAR 4.3 (Ferreira, 2000).

5.5.1 Observações

Para os valores de porcentagem de cobertura dos frutos foi realizada a frequência de notas observadas para a cobertura de frutos, visando conhecer o maior número de notas observadas para cada ocasião.

Nas avaliações de resíduos foi realizada observação visual dos valores obtidos para discussão de resíduos em café beneficiado.

Nos estudos de multicompartimentabilidade, de lixiviação e do índice de risco de impacto ambiental dos produtos fitossanitários foi realizado previsões a partir de cálculos definidos Gustafson (1989), Bacci & Gaggi (1993), Mackay et al. (1997) e Finizio et al (2001) e discutidos as situações previstas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento 1

Os valores de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, registrados nos dias das pulverizações da solução marcadora, são apresentados no Apêndice 2.

6.1.1. Avaliação quantitativa dos depósitos nos frutos

A quantificação do corante traçador nas caldas possibilitou o estabelecimento da seguinte equação $y = 0,0624e^{1,0597x}$ com $R^2 = 0,971$ para todos os volumes de calda, onde:

x = leitura da densidade óptica (absorbância);

y = a concentração em ppm, pois a concentração do corante foi igual em todos os volumes de calda utilizado (Figura 3).

Pelo valor do coeficiente de determinação (R^2) verifica-se que a equação explica com precisão os valores de absorbância lidos no espectrometro em função da alteração da concentração (mg.L^{-1}).

Curva de concentração padrão

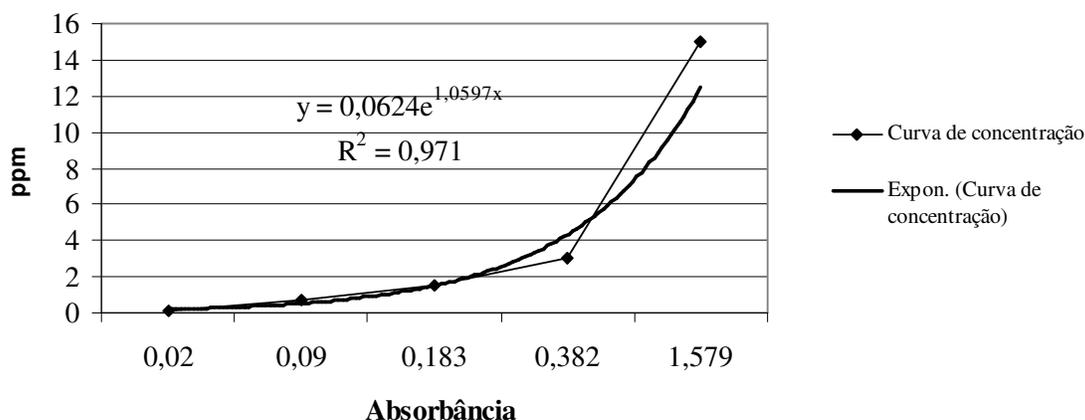


Figura 3. Curva da leitura de absorbância para inferir a concentração das amostras da calda de 150, 300 e 600 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Verifica-se que os valores médios dos volumes de calda de 300 e 600 L.ha⁻¹ pulverizados com o turbopulverizador hidráulico proporcionaram depósitos significativamente maiores nos frutos de cafeeiro. Também se observou maior deposição na parte inferior do cafeeiro quando pulverizado com os volumes de 300 e 600 L.ha⁻¹. Apesar da quantidade de folhas na parte inferior do cafeeiro ser nitidamente maior que o enfolhamento na parte superior da planta, os bicos do turbopulverizador hidráulico estavam mais próximos da parte inferior da planta do cafeeiro e distantes dos frutos da parte superior da planta (Tabela 19).

Scudeler et al. (2004) verificaram com uso de corantes traçadores que o volume de calda atingido na parte inferior do cafeeiro é maior que o volume de calda atingido na parte superior das plantas.

Para minimizar este problema, Ramos et al. (2007) sugerem a possibilidade de levantar o conjunto ventilador e bicos até a altura média do cafeeiro para aproximar os bicos superiores ao ápice do cafeeiro e distribuir melhor as gotas dentro da planta de café.

Tabela 19. Concentração/Área (ppm.cm⁻²) e Volume/Área (μL.cm⁻²) retidos em frutos de café em experimento de eficiência de pulverização para controle de broca-do-cafeeiro. CV= Acaiá. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

VOLUME DE CALDA	Concentração/Área de fruto (ppm.cm ⁻²)				Volume/Área de fruto (μL.cm ⁻²)			
	Superior	Inferior	Média	DMS	Superior	Inferior	Média	DMS
150 L pneumático	0,1030 a	0,1077 a	0,1053 A	0,005	0,1373 a	0,1437 a	0,1405 A	0,0066
300 L hidráulico	0,1109 a	0,1209 b	0,1159 B	0,005	0,1479 a	0,1612 b	0,1545 B	0,0066
600 L hidráulico	0,1135 a	0,1213 b	0,1174 B	0,005	0,1513 a	0,1617 b	0,1565 B	0,0066
Média	0,1091 a	0,1166 b	0,1129	0,0029	0,1455 a	0,1555 b	0,1505	0,0038
CV % parc vol	7,33				7,32			
CV % subp parte	3,92				3,91			
DMS parcela volume	0,00834				0,0111			
F Volume	0,0044 *				0,0044 *			
F Part./150L	0,0580 ns				0,0573 ns			
F Part./300L	0,0005 *				0,0005 *			
F Part./600L	0,0040 *				0,0040 *			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Raetano et al. (2001) constataram maior dificuldade de penetração das gotas na parte inferior da planta ao avaliarem os depósitos e a cobertura da pulverização com diferentes equipamentos em cafeeiros do cultivar Catuaí. As divergências entre os resultados obtidos no presente trabalho e por Raetano et al. (2001) podem ser atribuídas às diferenças de porte e arquitetura das cultivares. A cultivar Acaíá, empregada no presente trabalho é de porte alto e, portanto, maior é a distância das pontas do pulverizador até os ramos que compõem a parte superior da planta, enquanto que Raetano et al. (2001) trabalharam com a cultivar Catuaí, de porte baixo. Ainda, os internódios de cultivares de café de porte alto são maiores em relação àqueles das variedades de porte baixo, podendo facilitar a entrada das gotas da pulverização nos ramos baixeiros.

A deposição da calda em frutos quando a pulverização foi realizada com o turbopulverizador pneumático com 150 L.ha^{-1} , foi inferior aos demais volumes de calda pulverizados com turbopulverizador hidráulico. Porém, naquele sistema operacional (150 L.ha^{-1} – Pneumático), a deposição foi mais homogênea que os outros volumes de calda pulverizados (Tabela 19).

Apesar de o turbopulverizador pneumático ter a mesma quantidade de bicos que o turbopulverizador hidráulico, a melhor distribuição dos depósitos da pulverização proporcionada por este equipamento pode ser explicada pela distância dos difusores superiores do turbopulverizador pneumático ser propositalmente posicionados numa altura maior (Martignani, 2008) em relação ao turbopulverizador hidráulico, convencionalmente utilizado em cafeeiro. Dessa forma, facilitando a pulverização dos frutos superiores da planta do cafeeiro pelos difusores superiores do turbopulverizador pneumático. Maiores valores dos depósitos obtidos com o turbopulverizador hidráulico estão associados aos maiores volumes de calda (300 e 600 L.ha^{-1}) em relação ao volume aplicado com o turbopulverizador pneumático (150 L.ha^{-1}).

6.1.2 Avaliação qualitativa da distribuição da pulverização e cobertura dos depósitos

As médias das notas atribuídas aos níveis de cobertura da pulverização com o traçador fluorescente “Saturn Yellow” em frutos de cafeeiro para diferentes volumes de calda são apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20. Nota referente à percentagem de cobertura de frutos em experimento de eficiência de pulverização em café, cv. Acaiaí. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

VOLUME DE CALDA	NOTAS ¹		Média	DMS
	Parte Superior	Parte Inferior		
150 L	2,57 b	1,71 a	2,14 A	0,48
300 L	2,00 a	2,14 a	2,07 A	0,48
600 L	2,71 a	2,86 a	2,78 B	0,48
Média	2,43 a	2,23 a	2,33	0,2770
CV % parcela vol.			21,43	
CV % subparc parte			18,31	
DMS parcela volume			0,5044	
F Vol. de calda			0,0047 *	
F Part/150L			0,0015 *	
F Part/300L			0,5395 ns	
F Part/600L			0,5395 ns	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

¹ Notas de % de cobertura = 1 corresponde a ausência de gotas; 2 = 25% de cobertura; 3 = 50% de cobertura; 4 = 75% de cobertura; 5 = 100% de cobertura.

Observa-se que o volume de 600 L.ha⁻¹, pulverizado com o turbopulverizador hidráulico, foi o que proporcionou maior percentagem de cobertura nos frutos de café quando

comparado aos menores volumes da calda de pulverização (300 e 150 L ha⁻¹) com turbopulverizador hidráulico e turbopulverizador pneumático, respectivamente.

Analisando a distribuição de calda nos tratamentos, verificou-se que houve melhora na qualidade da pulverização na parte superior da planta em todos os tratamentos quando comparados aos resultados dos depósitos (Tabela 20).

Quanto à homogeneidade de cobertura dos frutos nas diferentes partes das plantas, verificou-se que somente no volume de pulverização de 150 L.ha⁻¹ os frutos superiores foram mais cobertos pelo corante em relação aos frutos da parte inferior da planta. E, nos volumes de calda de pulverização de 300 e 600 L.ha⁻¹, as coberturas foram homogêneas, não detectando diferença pelo teste de Tukey a 5% de significância entre notas de percentagem de cobertura dos frutos pelo corante amarelo “Saturn Yellow” entre os frutos das partes superior e inferior da planta (Tabela 20).

Verifica-se através da figura 4 maior frequência numérica das notas 2 e 3, não diferenciando entre as partes inferior e superior do cafeeiro. Tal característica é um indício de homogeneidade entre as pulverizações realizadas no experimento, não indicando altas percentagens de cobertura devido a ausência de notas 4 e 5. No entanto estes resultados coincidem parcialmente com os observados por Scudeler et al. (2004) que verificaram maior frequência das notas 1 e 2 em outro experimento na cultura do café. Características pouco semelhantes entre experimentos com pulverização de produtos fitossanitários podem ocorrer devido ao grau de enfolhamento diferente das plantas em cada época da pulverização.

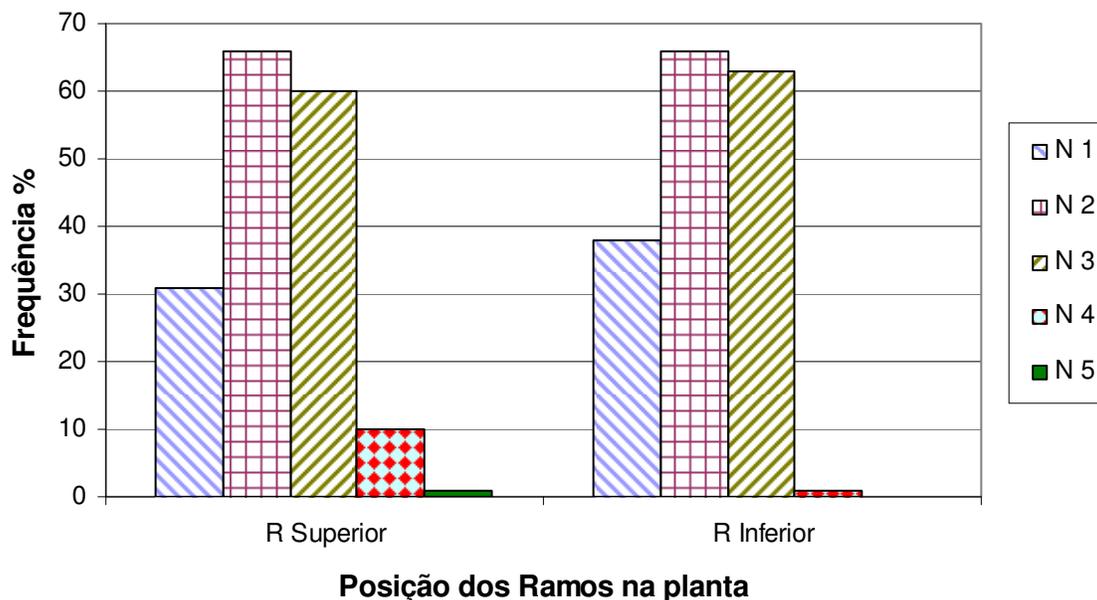


Figura 4. Frequência de notas (%) nas diferentes posições de amostragem nas plantas de cafeeiro. Campos Gerais, MG. Safra 2007/2008.

No entanto, no tratamento de 600 L ha^{-1} , não foi observado alta frequência de notas 1 (ausência de gotas), ocorrendo o mesmo com as notas 4 e 5. Diferentemente nos demais tratamentos, 150 e 300 L ha^{-1} que a nota 4 foi menos freqüente (Figura 5). Este fato, de ausência de alta frequência de notas altas (4 e 5), mostra que a tecnologia utilizada na pulverização ainda pode melhorar a porcentagem de cobertura de pulverização em frutos do cafeeiro; e que, o aumento do volume de calda de pulverização acarretará na redução de frequência de ausência de gotas na avaliação de cobertura de pulverização, não indicando necessariamente melhor distribuição da calda de pulverização em frutos de cafeeiro.

Neste trabalho constatou que os resultados referentes à cobertura da pulverização com traçadores em frutos ou folhas não refletem uma análise precisa do que realmente acontece em campo. O fato de serem atribuídas notas por diferentes pessoas permite que ocorram erros durante a avaliação empírica da porcentagem de cobertura, tornando assim, necessário utilizar-se de equipamentos mais precisos para tal avaliação.

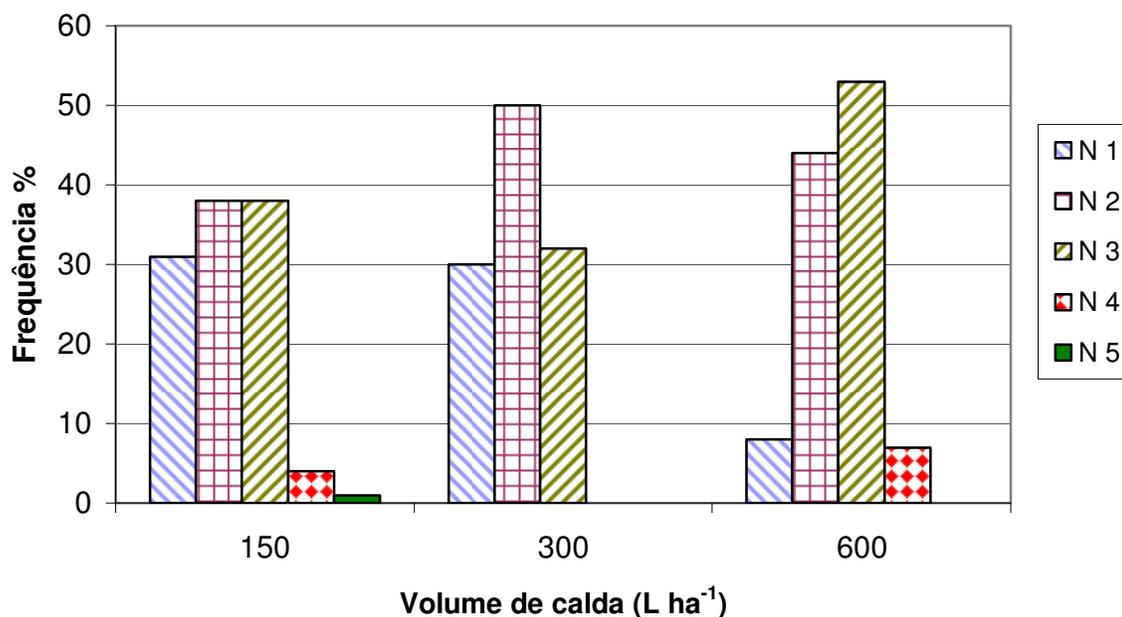


Figura 5. Frequência de notas (%) nos diferentes tratamentos independente da posição. Campos Gerais, MG. Safra 2007/2008.

Maciel et al. (2001) verificaram que as variáveis depósito e distribuição apresentam comportamentos distintos, independentes da natureza do alvo.

6.1.3 Avaliação qualitativa de pulverização com uso de papel hidrossensível

Os valores médios de diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro mediano numérico (DMN), porcentagem de gotas inferiores a 150 micrometros (PRD) e amplitude relativa (AR), quantificadas pelo programa e-Sprinkle (Embrapa, 2000) referentes à avaliação qualitativa dos respectivos volumes de calda, por papéis hidrossensíveis, em cada parte da planta estão apresentados nas Tabelas 21, 22, 23 e 24.

Tabela 21. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) (μm) das gotas de pulverização em diferentes partes das plantas do cafeeiro, cultivar Acaiá (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO= parte inferior lado oposto da pulverização; ILO= parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software E-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta				Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO		
150	142,43 a	142,43 a	119,43 a	131,14 a	133,86 A	24,7074
300	142,43 a	142,43 a	119,43 a	142,43 a	136,68 A	24,7074
600	158,29 b	152,14 ab	131,29 a	145,14 ab	146,71 B	24,7074
Média	147,71 b	145,67 b	123,38 a	139,57 b	139,08	15,1955
CV % parcela vol	10,04					
CV % subparc parte	13,35					
DMS	9,9648					
F _{Volume}	0,0119 *					
F _{Part./150L}	0,0490 *					
F _{Part./300L}	0,0358 *					
F _{Part./600L}	0,0335 *					

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 22. Diâmetro mediano numérico (DMN) (μm) das gotas de pulverização em diferentes partes das plantas do cafeeiro, cultivar Acaia (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO= parte inferior lado oposto da pulverização; ILO= parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software E-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta					Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO			
150	96,00 a	101,86 a	96,00 a	101,86 a	98,93 A	24,7225	
300	113,57 a	107,71 a	96,00 a	101,86 a	104,79 A	24,7225	
600	119,43 a	104,14 a	107,71 a	119,43 a	112,68 A	24,7225	
Média	109,67 a	104,57 a	99,9 a	107,71 a	105,46	12,3964	
CV % parcela vol	21,56						
CV % subparc parte	14,36						
DMS	16,2208						
F _{Volume}	0,1171 ns						
F _{Part./150L}	0,8495 ns						
F _{Part./300L}	0,2750 ns						
F _{Part./600L}	0,2360 ns						

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 23. Porcentagem de gotas menores que 150 micrometros em diferentes partes da planta do cafeeiro da cultivar Acaiá (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO= parte inferior lado oposto da pulverização; ILO= parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software E-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta					Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO			
150	73,71 a	70,71 a	82,14 a	79,14 a	76,43 B	19,4262	
300	57,71 a	61,00 a	84,86 b	71,86 ab	68,86 AB	19,4262	
600	53,14 a	59,86 ab	75,43 b	59,71 ab	62,04 A	19,4262	
Média	61,52 a	63,86 a	80,81 b	70,23 ab	69,11	10,8124	
CV % parcela vol						22,06	
CV % subparc parte						19,12	
DMS						10,8756	
F _{Volume}						0,0138 *	
F _{Part./150L}						0,4032 ns	
F _{Part./300L}						0,0019 *	
F _{Part./600L}						0,0255 *	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 24. Amplitude relativa (AR) do espectro de gotas da pulverização em diferentes partes das plantas do cafeeiro da cultivar Acaia (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO= parte inferior lado oposto da pulverização; ILO= parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software E-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta					DMS
	SML	IML	SLO	ILO	Média	
150	0,6411 b	0,5646 ab	0,3284 a	0,3974 ab	0,4829 A	0,2483
300	0,6236 b	0,6039 b	0,3077 a	0,4016 ab	0,4842 A	0,2483
600	0,8059 b	0,8350 b	0,4481 a	0,5229 a	0,6530 B	0,2483
Média	0,6902 b	0,6678 b	0,3614 a	0,4406 a	1,0132	0,1469
CV % parcela vol	8,36					
CV % subparc parte	8,42					
DMS	0,1181					
F _{Volume}	0,0039 *					
F _{Part./150L}	0,0035 *					
F _{Part./300L}	0,0008 *					
F _{Part./600L}	0,0001 *					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Análise estatística realizado sobre os dados transformados em $\sqrt{(X + 0,5)}$. Apresentação da tabela (Valores reais).

Pela Tabela 21, verifica-se que o maior valor médio de DMV das gotas de pulverização foi obtido com o volume de 600 L ha⁻¹ em relação aos demais volumes de calda (150 e 300 L.ha⁻¹), e quando avaliou-se a distribuição de DMV nas diferentes posições da planta, não foi verificada diferença significativa a nível de 5% pelo teste de Tukey para os volumes de 150 L.ha⁻¹ e de 300 L.ha⁻¹, ou seja, o DMV nos volumes de 150 e 300 L.ha⁻¹ de calda foram homogêneos (Tabela 21). Pelas Figuras 6 e 7, verifica-se que o DMV das gotas depositadas no papel hidrossensível do mesmo lado da pulverização nas posições superior (SML) e inferior (IML) não diferiram significativamente para os volumes de 150 e 300 L. ha⁻¹.

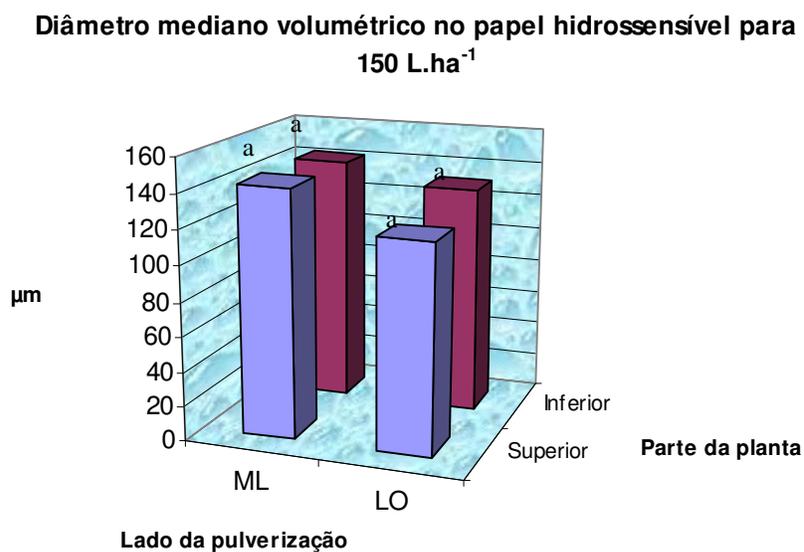


Figura 6. Diâmetro mediano volumétrico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador pneumático e volume de calda de 150 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

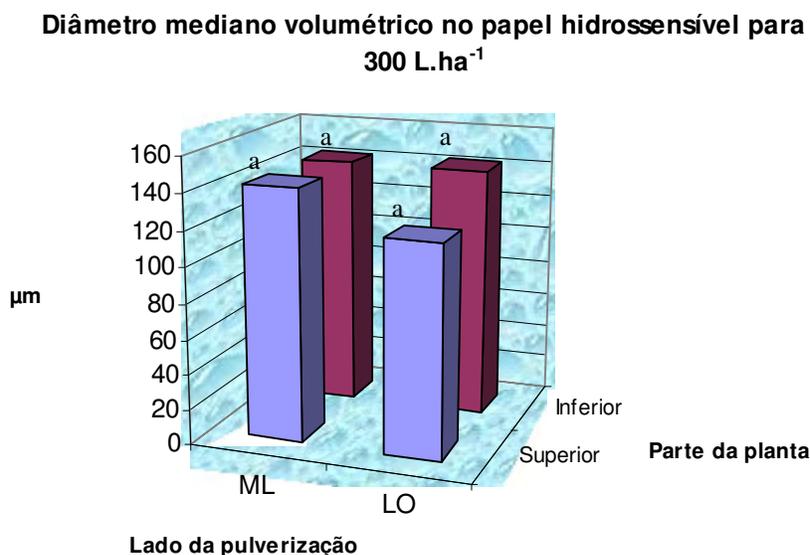


Figura 7. Diâmetro mediano volumétrico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico e volume de calda de 300 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Quando a pulverização foi realizada com o maior volume de calda (600 L. ha⁻¹), apesar de se obter valores médios de DMV significativamente menores na posição superior da planta no lado oposto à pulverização (SLO) comparativamente àquelas posições do mesmo lado da pulverização, verifica-se que gotas com maiores DMV atingiram o alvo nessa posição (SML), fato este que pode estar relacionado com o maior volume de aplicação. No entanto para a posição inferior do lado oposto à pulverização (ILO) não houve diferença em relação aos valores de DMV obtidos nas posições do mesmo lado da pulverização (IML). Isto pode estar relacionado a melhor distribuição das gotas na parte inferior da planta quando o maior volume de calda foi pulverizado, conforme apresentado na Tabela 21 e Figura 8.

Os valores médios de DMV das gotas verificados em papéis hidrossensíveis pulverizados com turbopulverizador hidráulico equipado com pontas de pulverização do tipo JA-1 e JA-2 correspondem ao esperado (Jacto, 2001), juntamente com os valores de DMV proporcionado pelos turbopulverizadores pneumático (Martignani, 2008). A distribuição das gotas para o volume de 600 L.ha⁻¹ pulverizado com turbopulverizador hidráulico foi mais desuniforme que os demais volumes de aplicação (Tabela 21).

Os resultados permitem verificar que nos menores volumes de aplicação, as pulverizações foram mais homogêneas. Terra (2006), em revisão constatou que diversos autores obtiveram resultados eficazes quanto à redução do volume de calda.

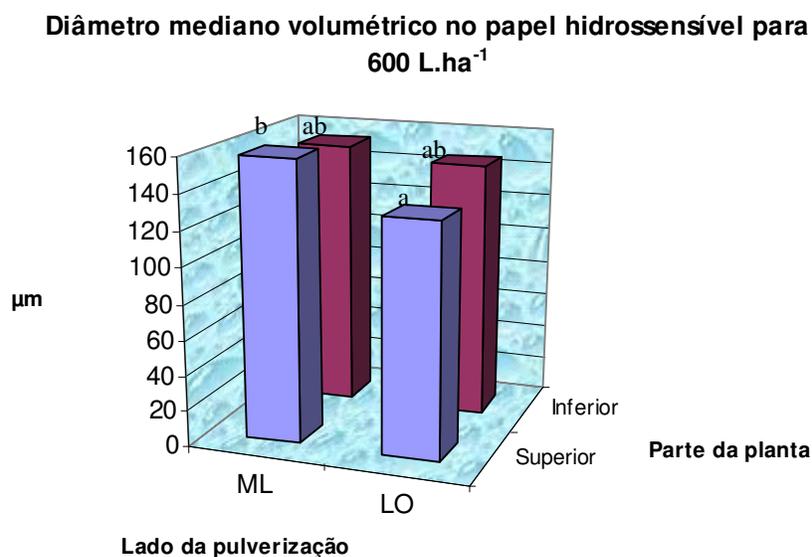


Figura 8. Diâmetro mediano volumétrico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico e volume de calda de 600 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Bueno Jr. (2002), Palladini (2000) e Ramos et al. (2007) dizem que para um efeito satisfatório no controle fitossanitário a pulverização deve ser regulada para depositar adequadamente o produto fitossanitário sobre o organismo a ser controlado. No entanto, menores volumes de pior distribuição da pulverização podem ser compensados, em parte, pela maior mobilidade da praga na superfície tratada, porém essa constatação está relacionada com o alvo a ser controlado.

Na variável DMN não foi observada diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância dos diâmetros das gotas em nenhum dos volumes de calda pulverizados e em nenhuma das partes da planta (Tabela 22 e Figuras 9, 10 e 11).

Na tabela 23 são apresentados os valores médios referentes a variável PRD, representados pelas gotas menores que 150 µm.

O volume de calda de 150 L.ha⁻¹ aplicado com o turbopulverizador pneumático foi o que obteve maior percentagem de gotas menores que 150 µm; e o volume de calda de 600

L.ha⁻¹ aplicado com o turbopulverizador hidráulico proporcionou menor percentagem de gotas menores que 150 µm (Tabela 23).

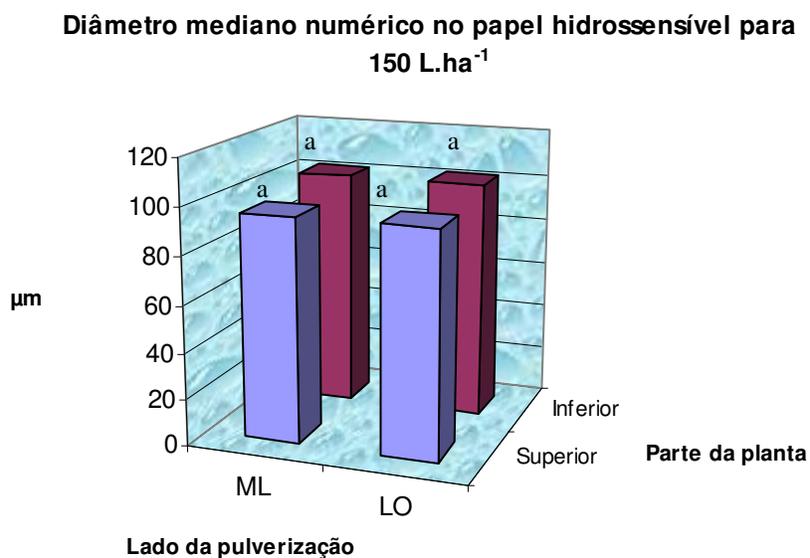


Figura 9. Diâmetro mediano numérico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador pneumático e volume de calda de 150 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

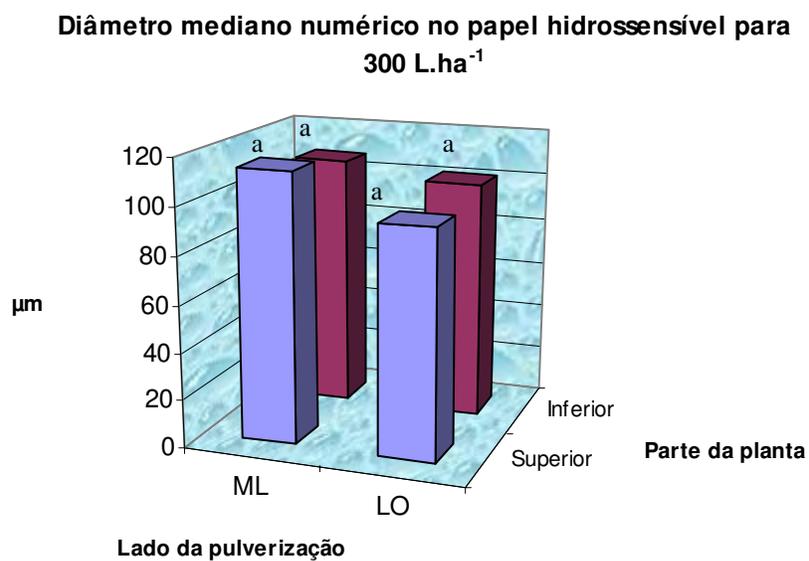


Figura 10. Diâmetro mediano numérico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico e volume de calda de 300 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

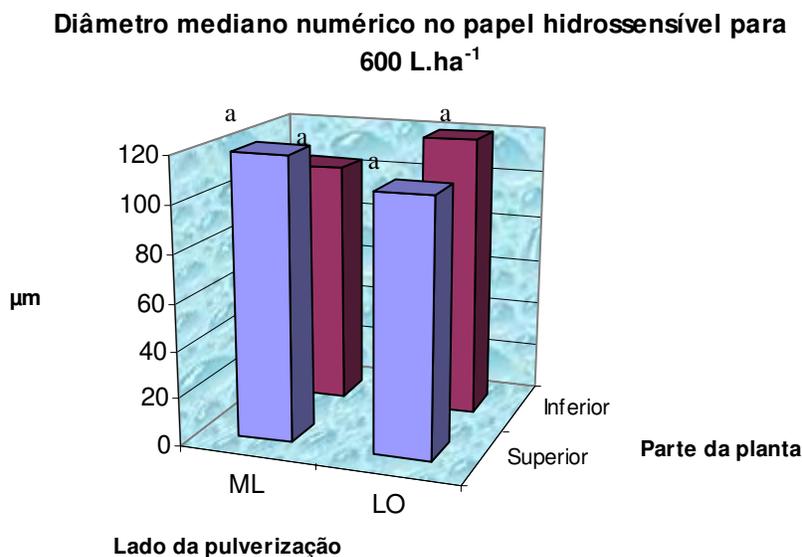


Figura 11. Diâmetro mediano numérico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico e volume de calda de 600 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Ao analisar o PRD em partes da planta, para cada volume de calda aplicado verificou-se que para o menor volume de calda (150 L ha⁻¹) não houve diferença significativa para a variável PRD entre as diferentes partes da planta de cafeeiro, obtendo assim, mais um parâmetro de homogeneidade para o volume de 150 L ha⁻¹, pois os equipamentos com formação de gotas com energia gasosa formam espectro de gotas mais homogêneos quando comparados ao espectro de gotas com energia hidráulica; para o volume de 300 L ha⁻¹ as menores porcentagens de gotas menores que 150 µm (PRD) foram observadas no lado do caminhamento do pulverizador, tanto na parte superior quanto na parte inferior da planta e, ainda referente ao volume de calda de 300 L ha⁻¹, do lado oposto à pulverização, a porcentagem de gotas menores que 150 µm na parte superior da planta foi maior que do lado do caminhamento do pulverizador. E, no volume de 600 L ha⁻¹, observou-se menor porcentagem de gotas menores que 150 µm na parte superior da planta voltada para o caminhamento do pulverizador, e na parte inferior da planta foi observado um ligeiro aumento na porcentagem de gotas menores que 150 µm, homogêneas entre si, porém a parte superior do cafeeiro voltada ao lado oposto do caminhamento do pulverizador foi a que obteve maior valor

médio de porcentagem de gotas menores de 150 μm para o volume de 600 L ha^{-1} (Tabela 23) e (Figuras 12, 13 e 14).

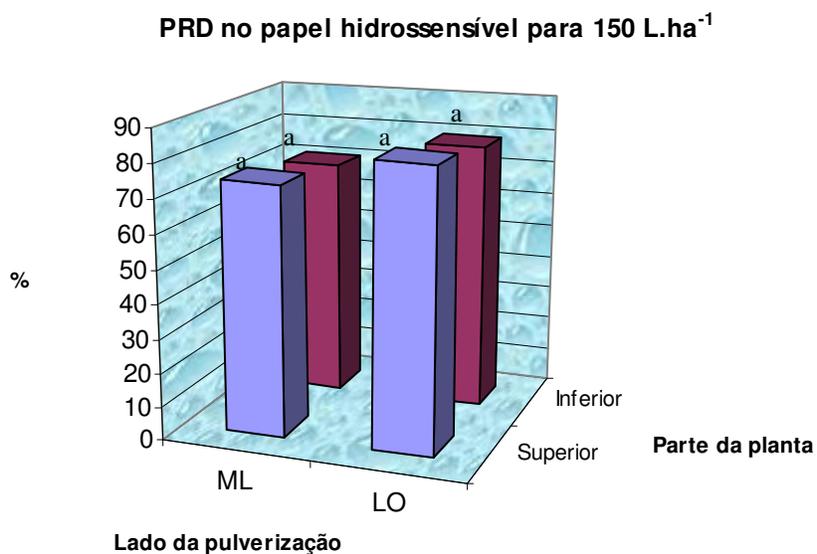


Figura 12. Percentagem de gotas menores que 150 micrometros (μm) (PRD) no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador pneumático com volume de calda de 150 L.ha^{-1} . Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

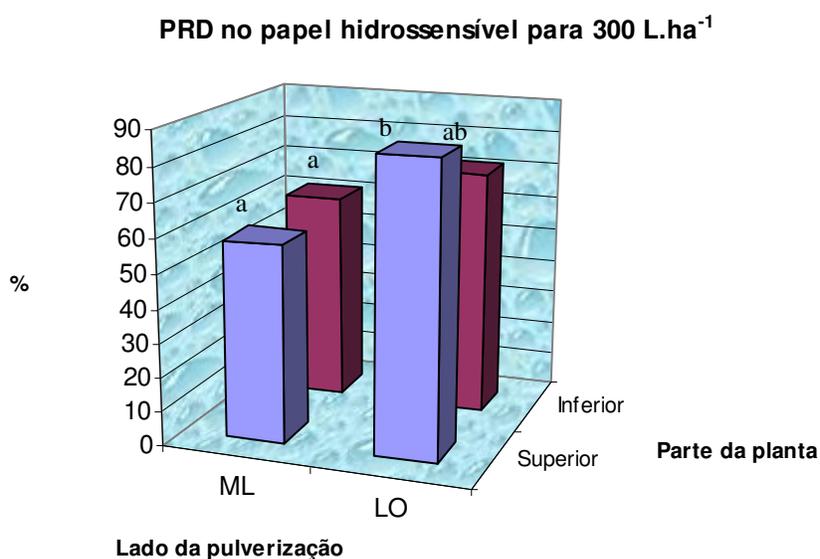


Figura 13. Percentagem de gotas menores que 150 micrometros (μm) (PRD) no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico com volume de calda de 300 L.ha^{-1} . Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

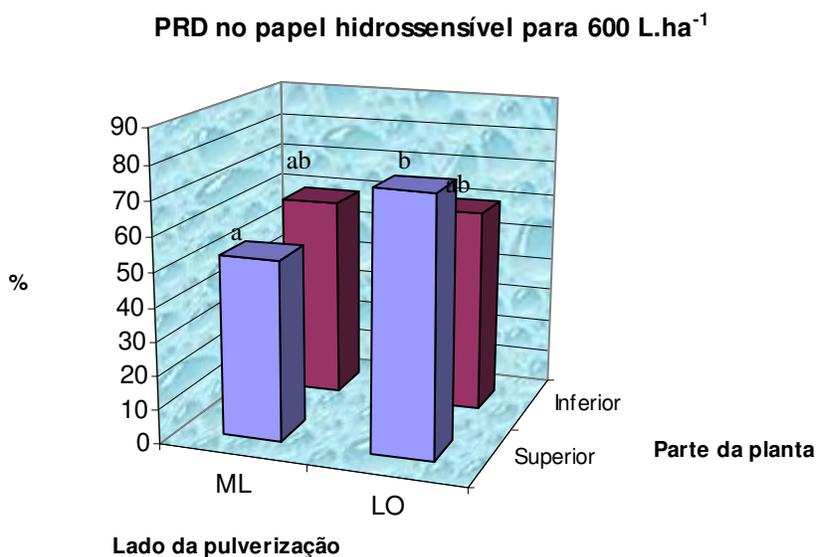


Figura 14. Percentagem de gotas menores que 150 micrometros (μm) (PRD) no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico com volume de calda de 600 L ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Para Ramos et al. (2007), não há correlação direta entre o volume de calda utilizado e adequação do tamanho das gotas, com o controle químico. Garcia (2006) ressalva a idéia que volume de calda deve ser consequência e não objetivo do tratamento fitossanitário.

O volume de calda é definido na forma de regulagem do pulverizador, de maneira não objetiva, pois a regulagem do pulverizador possui uma relação direta com a eficácia do tratamento fitossanitário. Ao se considerar apenas o volume de aplicação, resultados muito discrepantes poderão ser obtidos para um mesmo tratamento (Ramos et al. 2007).

Pela tabela 24, observa-se que os valores médios de amplitude relativa referente ao volume de calda de 600 L ha⁻¹ foram maiores aqueles obtidos com os volumes de 150 e 300 L ha⁻¹, pulverizados em frutos do cafeeiro.

Os valores médios da amplitude relativa (AR) coletados em diferentes partes da planta para o volume de 150 L.ha⁻¹ foram maiores na parte superior do cafeeiro do mesmo lado do pulverizador em relação aos valores obtidos em outras partes da planta. A amplitude relativa das gotas na parte inferior foi igual entre si, em ambos os lados da planta, e superiores aos valores desse parâmetro para as gotas coletadas do lado oposto ao pulverizador na parte

superior da planta. No volume de 300 L.ha⁻¹ a AR das gotas coletadas do lado do caminhamento do pulverizador foi maior que a AR das gotas coletadas do lado oposto do caminhamento do pulverizador: Onde a AR das gotas coletadas na parte inferior do lado oposto a pulverização foi maior que a média da AR das gotas coletadas na parte superior do lado oposto a pulverização. E, os valores médios da amplitude relativa para o volume de calda de 600 L.ha⁻¹ foram maiores nas partes pulverizadas diretamente pelo turbopulverizador quando comparado às outras médias obtidas na parte oposta a pulverização (Tabela 24 e Figuras 15, 16 e 17).

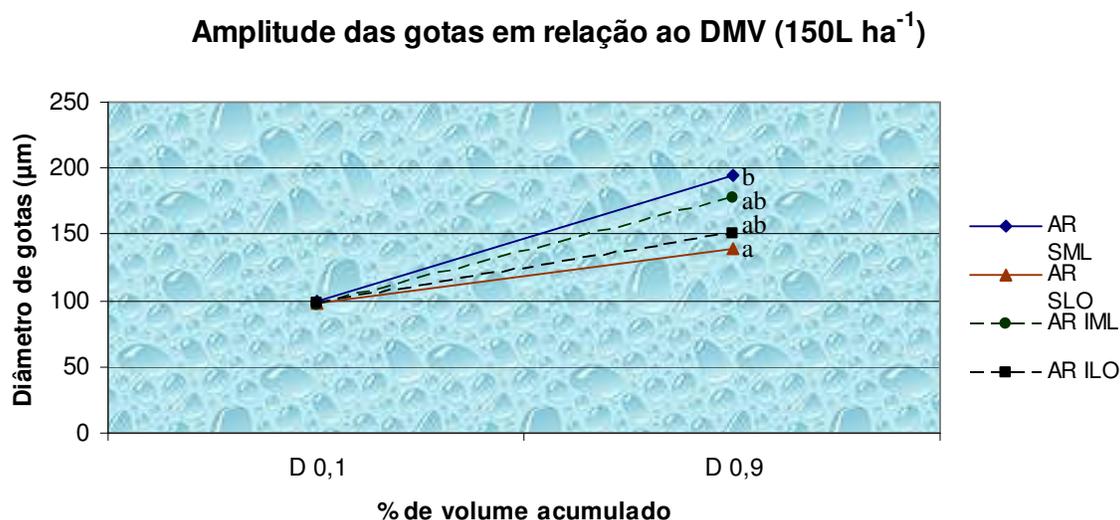


Figura 15. Amplitude relativa das gotas em papel hidrossensível, após pulverização de cafeeiro com turbopulverizador pneumático e volume de calda de 150 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Ao analisar as variáveis DMV, DMN, PRD e AR, pode-se verificar que o turbopulverizador pneumático proporcionou menor diâmetro das gotas e melhor distribuição da pulverização, tal fato pode ser explicado pela maior potência do ventilador associado às gotas pequenas produzidas pelo equipamento, as quais conseqüentemente penetram mais facilmente na copa do cafeeiro.

Com o acionamento do ventilador radial do equipamento, o ar, em grande velocidade, chega aos filetes deixados pelos bicos quebrando-os e dando origem às gotas que

são lançadas em direção a planta com alta energia cinética e capacidade de penetração no interior da copa do cafeeiro (Matuo, 1990; Matthews, 2000; Ramos et al., 2004; Garcia, 2006).

Amplitude das gotas em relação ao DMV (300L ha⁻¹)

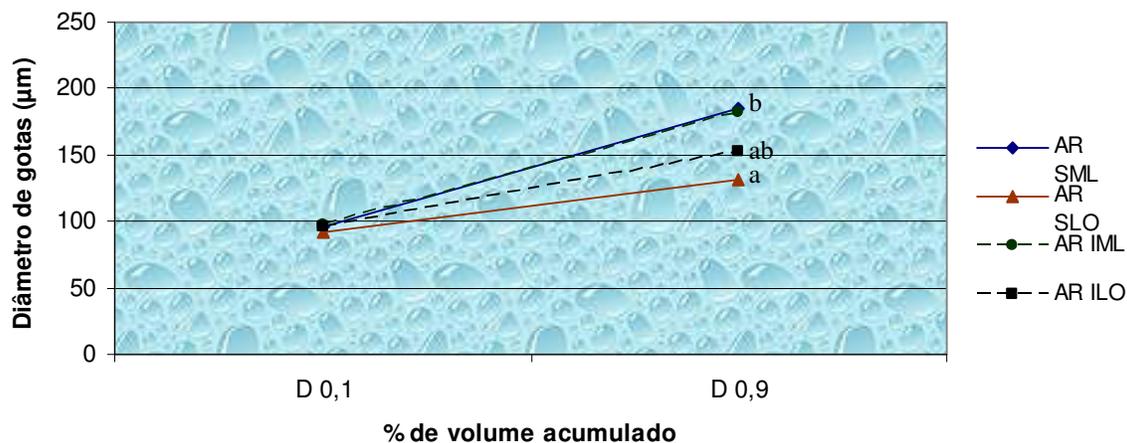


Figura 16. Amplitude relativa das gotas em papel hidrossensível após pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico e volume de calda de 300 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Amplitude das gotas em relação ao DMV (600L ha⁻¹)

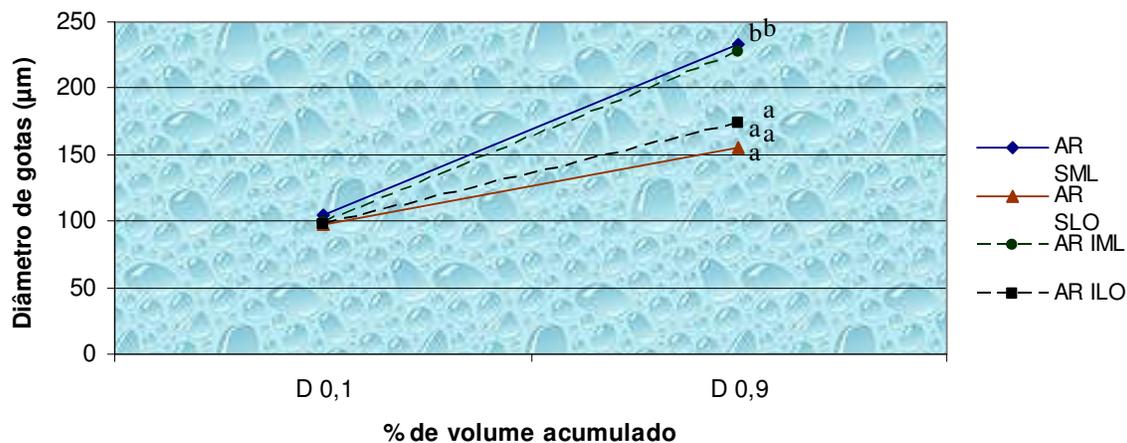


Figura 17. Amplitude relativa das gotas em papel hidrossensível, após pulverização de cafeeiro com turbopulverizador hidráulico e volume de calda de 600 L.ha⁻¹. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

6.2 Experimento 2

6.2.1 Infestação e eficiência de controle

A infestação da broca-do-cafeeiro obtida pela amostragem convencional antes da pulverização em 14 de fevereiro de 2007 é apresentada na Tabela 25.

Tabela 25. Infestação média da broca do cafeeiro nos tratamentos no momento da aplicação dos produtos fitossanitários, com os respectivos volumes de calda e equipamentos em cultivar Acaiaá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG.

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	Infestação
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	0,50 a
	300 L	Hidráulico	0,25 a
	600 L	Hidráulico	0,25 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	0,50 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	0,25 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	0,50 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	0,75 a
Testemunha			0,50 a
	CV (%) =	131,28	
	DMS =	1,1177	
	F _{volume} =	0,3920	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas tabelas 26 a 33 são apresentados a eficiência de controle de broca do cafeeiro proporcionadas pelos inseticidas em combinação com diferentes equipamentos e volumes de calda.

Tabela 26. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 15 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	15,00 a
	300 L	Hidráulico	4,50 a
	600 L	Hidráulico	21,50 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	19,25 a
	300 L	Hidráulico	16,00 a
	600 L	Hidráulico	1,75 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	10,50 a
	300 L	Hidráulico	4,25 a
	600 L	Hidráulico	15,75 a
CV (%) =		96,29	
DMS =		27,9075	
F _{volume} =		0,2077	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 27. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 30 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	19,75 a
	300 L	Hidráulico	7,25 a
	600 L	Hidráulico	14,00 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	10,00 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	0,00 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	15,25 a
	300 L	Hidráulico	2,50 a
	600 L	Hidráulico	16,00 a
CV (%) =		134,51	
DMS =		30,4492	
F _{volume} =		0,2646	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 28. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 45 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	16,00 a
	300 L	Hidráulico	20,00 a
	600 L	Hidráulico	33,25 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	20,00 a
	300 L	Hidráulico	8,25 a
	600 L	Hidráulico	21,75 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	26,00 a
	300 L	Hidráulico	12,50 a
	600 L	Hidráulico	28,50 a
CV (%) =		111,31	
DMS =		55,3746	
F _{volume} =		0,8689	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 29. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 60 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	11,00 a
	300 L	Hidráulico	27,50 a
	600 L	Hidráulico	17,75 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	32,75 a
	300 L	Hidráulico	20,00 a
	600 L	Hidráulico	31,00 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	58,25 a
	300 L	Hidráulico	32,50 a
	600 L	Hidráulico	10,75 a
CV (%) =		74,77	
DMS =		48,2311	
F _{volume} =		0,0734	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 30. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 75 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	9,50 a
	300 L	Hidráulico	19,75 a
	600 L	Hidráulico	18,75 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	36,00 a
	300 L	Hidráulico	9,75 a
	600 L	Hidráulico	25,25 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	39,00 a
	300 L	Hidráulico	14,75 a
	600 L	Hidráulico	12,75 a
CV (%) =		105,49	
DMS =		52,2689	
F _{volume} =		0,4665	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 31. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 90 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	0,00 a
	300 L	Hidráulico	20,75 a
	600 L	Hidráulico	16,75 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	13,25 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	12,75 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	30,75 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	13,50 a
CV (%) =		153,56	
DMS =		44,1964	
F _{volume} =		0,2845	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 32. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 105 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	0,00 a
	300 L	Hidráulico	22,00 a
	600 L	Hidráulico	10,75 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	25,00 a
	300 L	Hidráulico	10,25 a
	600 L	Hidráulico	13,00 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	33,00 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	10,75 a
CV (%) =		148,89	
DMS =		49,6125	
F _{volume} =		0,3715	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 33. Eficiência (%) no controle da broca-do-cafeeiro em experimento com diferentes volumes de pulverização, inseticidas e equipamentos 120 dias após a aplicação. Cultivar Acaiá. Safra: 2007/2008. Campos Gerais/MG. Eficiência calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955).

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	% Eficiência
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	0,00 a
	300 L	Hidráulico	16,75 a
	600 L	Hidráulico	6,75 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	24,25 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	4,75 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	20,25 a
	300 L	Hidráulico	0,00 a
	600 L	Hidráulico	4,25 a
CV (%) =		195,74	
DMS =		40,2587	
F _{volume} =		0,3099	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas tabelas 25 a 33 observa-se que não ocorreu um controle alto da infestação da broca-do-cafeeiro demonstrando que a broca continuou em atividade mesmo depois da aplicação dos inseticidas.

O melhor controle da broca-do-cafeeiro é realizado durante o transito da broca (Souza et al., 2001), pois com a instalação deste inseto dentro do fruto do cafeeiro este torna-se protegido da pulverização e não leva o inseticida até o interior do fruto.

Para Scudeler et al. (2004), um dos principais problemas no controle do inseto está relacionado à localização dele na planta, pois além de se alojar no interior do fruto, protegendo-se do meio externo; o fruto ainda está no interior da copa do cafeeiro, onde as gotas da pulverização não chegam com facilidade.

Também não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para eficiência de controle da broca quando calculada pela fórmula modificada de Henderson & Tilton (1955), provavelmente devido ao menor período de carência dos produtos etofenproxi e clorpirifós, os quais foram reforçados com uma pulverização a mais em relação ao endossulfan que foi pulverizado uma única vez. Os tratamentos foram monitorados quinzenalmente pelo método convencional de amostragem deste inseto-praga para a cultura do café.

De acordo com Andrei (2005) encontra-se registrado o período de carência para o endossulfan em 70 dias e o clorpirifós em 21 dias, ambos para pulverizações em cafeeiro, e o produto etofenproxi não se encontra registrado para esta cultura.

Apesar de não ocorrer diferenças significativas entre os tratamentos, diversos autores constataram a maior eficiência do endossulfan sobre demais inseticidas (Gitirana Neto et al., 2000; Souza & Reis, 2000; Barros et al., 2001; Gitirana Neto et al., 2001; Lucas & Lucas, 2001; Stevanato et al., 2002; Costa et al., 2003).

Devido a estas circunstâncias pode-se dizer que o endossulfan é melhor que os demais tratamentos devido ao menor número de pulverizações quando comparado aos demais tratamentos.

6.2.2 Estimativa de perda de peso a partir de nível de dano da broca do cafeeiro no dia da colheita

A redução do peso dos grãos depende da evolução do ataque (tempo) e do nível de infestação. Matiello et al. (2005) percebeu redução de 13-17% de grãos broqueados em relação aos grãos sadios, mas podendo chegar a até 50% de redução de peso. No entanto, Rena et al. (1986) diz que um café com 100% de infestação, as perdas em peso representam 21,1% de redução em sacas de 60 kg beneficiadas.

A estimativa de perda de peso de frutos de café atacados pela broca pode ser estimado partindo das porcentagens de infestação por ocasião da colheita, onde se pode obter a perda em peso e o tipo de café, considerando apenas a infestação pela broca (Rena et al., 1986). A equação obedece à equação linear $y = 0,0095 + 0,2095x$ proposta por Souza & Reis (1980) e Reis (1984), onde y = perda de peso e x = café broqueado (%).

Na tabela 34 está apresentada a estimativa de perda de peso obtida pela porcentagem de infestação da broca na colheita obtido nos tratamentos de agrotóxico x volume de calda.

Tabela 34. Estimativa de perda de peso de café em sacas de 60 kg a partir de nível de dano encontrado na colheita por Souza & Reis (1980) e Reis (1984). 2007.

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	Perda de peso (kg)
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	1,4516 a
	300 L	Hidráulico	1,1635 a
	600 L	Hidráulico	1,74 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	0,78 a
	300 L	Hidráulico	1,08 a
	600 L	Hidráulico	1,33 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	0,69 a
	300 L	Hidráulico	1,3342 a
	600 L	Hidráulico	1,7654 a
Testemunha			2,1253 a
	CV (%) =		64,87
	DMS =		2,1224
	F _{volume} =		0,4217

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Rena et al. (1986) a estimativa da perda por peso deve ser realizada com o nível de infestação e não com o nível de dano, porém ao aplicar esta fórmula nas médias reais de nível de dano no ato da colheita, saber-se-á da viabilidade dos tratamentos por utilizar valores médios maiores, e, conseqüentemente tornar o teste mais rigoroso, por obter valores estimados maiores quando comparado aos valores médios de nível de infestação.

Observa-se na tabela 34 que apesar de não ter obtido diferença de perda de peso entre os tratamentos, 1 kg sc⁻¹ representa prejuízo para o produtor. Caso tenha uma produtividade de 20 scs/ha, o produtor teria 1/3 da saca em prejuízo. Ou seja, para um café cotado a R\$ 250,00, o produtor deixaria de ganhar R\$ 83,00/ha.

6.2.3 Influência na classificação quanto ao tipo do café

Os valores médios do número dos defeitos causados pela broca-do-cafeeiro em função do processamento, são apresentados na Tabela 35. Observa-se que no processamento de grãos bóia, a testemunha determinou a maior média de defeitos causados pela broca e o etofenproxi (a 150 L.ha⁻¹) proporcionou a menor média dos defeitos causados pela broca, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 35. Número de defeitos causados pela broca em cada tipo de café na pós-colheita, em função do produto e volume de aplicação para o controle da broca-do-café na cultivar Acaia. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Produto	Volumes de calda	Equipamento (turbopulverizador)	Número de defeitos causados pela broca			
			Bóia	Verde	Cereja descascado	Bica corrida
Chlorpirifos	150 L	Pneumático	9,75 ab	7,28 a	6,53 a	8,17 a
	300 L	Hidráulico	8,74 ab	3,89 a	4,67 a	6,72 a
	600 L	Hidráulico	7,83 ab	6,39 a	5,50 a	7,18 a
Endossulfan	150 L	Pneumático	7,96 ab	6,5 a	6,40 a	7,13 a
	300 L	Hidráulico	7,05 ab	5,66 a	4,95 a	6,22 a
	600 L	Hidráulico	7,21 ab	5,37 a	5,20 a	6,34 a
Etofenproxi	150 L	Pneumático	6,13 a	6,28 a	5,98 a	6,16 a
	300 L	Hidráulico	7,22 ab	4,49 a	6,26 a	6,51 a
	600 L	Hidráulico	8,36 ab	5,41 a	6,54 a	7,49 a
	Testemunha		11,81 b	6,26 a	7,32 a	8,57 a
	CV (%)		25,8	31,99	31,01	22,77
	DMS		5,1506	4,4773	4,4784	3,9052
	F _{volume}		0,0437	0,3310	0,6046	0,4191

* Valores transformados em raiz quadrada de x.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os grãos de café verde não foi verificado diferença na média do número de defeitos entre tratamentos dentro dos produtos ou dentro dos volumes de calda quando comparados à testemunha. Já para os grãos de café cereja descascado não foi verificada diferença significativa quanto ao número de defeitos entre produtos e volume de calda, quando comparado à testemunha (Tabela 35).

Para os grãos da bica corrida, os tratamentos também não diferiram entre si quanto ao número de defeitos (Tabela 35).

De modo geral, não se verificou relação entre os melhores tratamentos que determinaram maiores taxas de controle da broca no campo com os defeitos causados pelo inseto, só ocorrendo diferença significativa nos tratamentos do café tipo bóia. Este fato pode ser explicado pelo ataque da broca na pós-colheita, o que talvez possa justificar a necessidade de uma pulverização mais tardia em campo ou, até mesmo, no terreiro de secagem de café. Okumura et al. (2003) afirmaram que ataques em terreiros de café podem ocorrer por brocas vindas do campo. Estes autores capturaram até 150 adultos do inseto em armadilhas com semioquímicos durante o período de secagem do café em terreiro de cimento.

Observa-se que ocorreu maior número de defeitos nas amostras de café bóia, pois estes tiveram amadurecimento precoce em relação aos outros frutos que foram colhidos e, portanto, ficaram por mais tempo expostos a ação da broca-do-cafeeiro (Tabela 35). Menores índices de perdas de peso de café foram obtidos com menor volume de calda (150 L. ha^{-1}) quando os inseticidas endossulfan e etofenproxi foram aplicados com o turbopulverizador Pneumático em relação aos demais volumes de calda (Tabela 35).

6.2.4 Resíduos de inseticidas

Como não foi detectado nenhum dos inseticidas acima do limite de $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ nas subamostras de café beneficiado, não foi necessário realizar as análises nas subamostras de café torrado e moído.

Pode-se verificar que não ocorreram resíduos de nenhum dos inseticidas estudados para o controle de broca nas amostras de café beneficiadas após 136 dias da aplicação (Tabela 36).

Para as colheitas realizadas após o término do período de carência não se deve encontrar resíduos de produtos químicos abaixo dos níveis de detecção considerados ($0,01 \text{ mg kg}^{-1}$) para nenhum dos inseticidas em teste. No caso do café beneficiado aceita-se a presença do endossulfan até uma concentração de $0,04 \text{ ppm}$ (Gelmini, 1991).

Tabela 36. Resíduos de diferentes inseticidas no controle da broca do cafeeiro em diferentes volumes de calda de pulverização para café beneficiado, cultivar Acaia. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Pesticida Volume de calda	Chlorpirifós ¹		Endossulfan ²		Etofenproxi ³	
	LQ ⁴ (mg kg^{-1})	Resíduo (mg kg^{-1})	LQ ⁴ (mg kg^{-1})	Resíduo (mg kg^{-1})	LQ ⁴ (mg kg^{-1})	Resíduo (mg kg^{-1})
150 L	0,01	ND	0,01	ND	0,01	ND
300L	0,01	ND	0,01	ND	0,01	ND
600 L	0,01	ND	0,01	ND	0,01	ND
Testemunha	0,01	ND	0,01	ND	0,01	ND

ND = Não detectado

¹Limite máximo de resíduos (LMR): $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ em folha de café aos 21 dias;

²Limite máximo de resíduos (LMR): $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ em folha de café aos 70 dias;

³Limite máximo de resíduos (LMR): não possui registro para cafeeiro.

⁴Limite de quantificação (LQ).

O processamento do café é um processo relativamente demorado e que envolve altas temperaturas no processo de torra, quando comparado a outros produtos agrícolas; contribuindo para a degradação dos produtos fitossanitários (Rigitano et al., 1989; Raetano, 1991). Porém, o endossulfan possui resistência a luz solar e como um dos efeitos da luz solar é o aumento de temperatura, pode-se encontrar resíduos de endossulfan com mais facilidade em café torrado e moído, caso este seja detectado em amostras de café beneficiado (Larini, 1999).

Apesar de não ter sido observado resíduo de inseticidas em café beneficiado, deve-se ressaltar a importância dos estudos de impacto ambiental de organoclorados devido a sua alta persistência no ambiente como é o caso do endossulfan (Brecht, 2004).

6.3 Estudo 3

Nesta fase do trabalho foram abordados aspectos do comportamento ambiental e de efeitos ecotoxicológicos dos produtos previamente definidos para o controle da broca-do-café no município de Campos Gerais do estado de Minas Gerais/Brasil e calculados índices modelos e indicadores para avaliação de potencial impacto ambiental.

6.3.1 Distribuição ambiental prevista (PED) através do cálculo do nível I do modelo de fugacidade de Mackay para os inseticidas

Os resultados referentes à distribuição ambiental prevista (PED) e à concentração ambiental prevista (PEC) dos produtos fitossanitários estão apresentados na tabela 37.

Tabela 37. Resultados da distribuição ambiental prevista (PED) e concentração ambiental prevista (PEC) dos inseticidas utilizados para o controle da broca-do-cafeeiro calculada pelo modelo de Mackay et al. (1997). Lisboa. 2008.

Inseticida	PED (%)						Fugacidade (μPa)
	Água	Ar	Solo	Sedimentos	Sólidos suspensos	Peixes	
Chlorpirifos	2,148	0,293	95,359	2,119	0,0662	0,00538	0,0207
Alfa – endossulfan	1,961	0,417	95,421	2,120	0,0663	0,00539	0,0254
Beta – endossulfan	1,752	0,361	95,688	2,126	0,0664	0,0054	0,0220
Etofenproxi	0,0139	0,0000381	97,737	2,172	0,0679	0,00552	0,00000251
Inseticida	PEC (g/m ³)						
	Água	Ar	Solo	Sedimentos			
Chlorpirifós	0,0005	0	0,0105	0,021			
Alfa – endossulfan	0,0005	0	0,0105	0,021			
Beta – endossulfan	0,0005	0	0,0105	0,021			
Etofenproxi	0	0	0,011	0,022			

Ao observar a tabela 35, estima-se que todos os compostos possuem a maior afinidade ao solo, sempre com valores maiores que PED 95%, pois todos os inseticidas estudados possuem tendência de se acumularem em torno de 2% nos sedimentos.

No compartimento água, também foi estimada uma percentagem em torno de 2%, a exceção do etofenproxi que possui valor menor de 0,0139% (Tabela 37). Os produtos fitossanitários quando em contato com a água ainda podem ser acumulados em diferentes compartimentos antes de serem degradados, como em peixes e partículas de sedimentos em suspensão que poderão interferir na degradação destes produtos no ambiente (Fracácio, 2006). Estima-se que destas porcentagens dos produtos que migram para a água, para qualquer um dos inseticidas há tendência, em condições de equilíbrio, de serem retidos em torno de 0,0665% nos sedimentos em suspensão e, no caso dos peixes, sempre foram em torno de $5,40 \cdot 10^{-3}\%$ (Tabela 37).

Verificando a distribuição ambiental prevista (Tabela 37) estima-se que todos os inseticidas possuem maior afinidade para o solo, compartimento com maior risco de contaminação. No entanto, pode ocorrer contaminação das águas superficiais por produtos persistentes, com o transporte de partículas do solo em direção às águas superficiais através do arrastamento superficial causado pelas chuvas. Filizola et al. (2002); Menone et al. (2008) e Ntow et al. (2008) verificaram contaminação das águas superficiais por resíduos de endossulfan.

O potencial de perda de produtos fitossanitários pela água superficial ou lixiviação depende da combinação do produto, solo, clima e fatores de manejo. Assim, a análise de produtos fitossanitários utilizados na cadeia produtiva das culturas possibilita a identificação daqueles que podem oferecer risco potencial ou apresentar potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas (Ferracini et al., 2001).

Para o compartimento ar, também não foi previsto uma elevada afinidade dos inseticidas estudados para este compartimento, sendo calculados valores percentuais mínimos para todos os inseticidas analisados, sempre em valores inferiores a 1%. Para os aerossóis obtiveram-se valores sempre da ordem de 10^{-4} ou 10^{-3} , que os tornam concentrações praticamente irrisórias para este compartimento (Tabela 37).

Deve-se salientar que os valores obtidos em concentração ambiental prevista (PEC) são dependentes dos valores considerados no universo de cálculo (Universo Mundo) e que não

devem ser correlacionados com concentrações reais. No entanto, no compartimento dos sedimentos foram previstas altas concentrações de inseticidas (Tabela 37).

6.3.2 Potencial de lixiviação calculado pelos índices de lixiviação GUS e de Bacci & Gaggi dos inseticidas em estudo

Os valores de lixiviação calculados pelos índices de GUS (Groundwater Ubiquity Score) e de Bacci & Gaggi estão apresentados na Tabela 38, para cada inseticida estudado e de acordo com os valores selecionados.

Tabela 38. Inseticidas utilizados no controle químico da broca-do-cafeeiro, clorpirifos, endossulfan e etofenproxi, e valores dos cálculos pelos índices de lixiviação de GUS e de Bacci & Gaggi. Lisboa, 2008.

Ingrediente ativo	Índice Bacci & Gaggi	Índice GUS
1. Clorpirifos	0,005767211 ¹	-0.1524141 ¹
2. Clorpirifos	0,08763629 ²	1.5787711 ¹
3. Clorpirifos	0,01081121 ²	0.3202566 ¹
1. a-Endossulfan	0,003279452 ¹	-0.4446578 ¹
2. a-Endossulfan	0,04150916 ²	0.9647625 ¹
3. a-Endossulfan	0,008558584 ¹	-0.1587206 ¹
1. b-Endossulfan	0,003280576 ¹	-
2. b-Endossulfan	0,04168264 ²	-
3. b-Endossulfan	0,008566083 ¹	-
1. Etofenproxi	0,001039722 ¹	-0.1469255 ¹
2. Etofenproxi	0,006444648 ¹	0.0952493 ¹
3. Etofenproxi	0,003916903 ¹	0.0536469 ¹

1 = não lixiviáveis;

2 = “de transição”;

3 = lixiviáveis.

Obs: O índice de GUS não leva em consideração os isômeros de alfa e beta endossulfan
A temperatura considerada para o índice de Bacci e Gaggi foi de 20° C.

Pelo fato dos valores de K_{oc} e DT_{50} encontrados na literatura serem variáveis em função das condições de clima e solo foram utilizadas as duas combinações extremas de acordo com Tomlim (2006) e uma terceira combinação adotada com base nos dados de Footprint (2008).

No caso de produtos fitossanitários com valores reduzidos de K_{oc} , a meia-vida passa a exercer influência na lixiviação. Quanto maior o valor de DT_{50} maior será o potencial de contaminação das águas, dado o maior tempo necessário para a degradação do produto no solo e sua conseqüente permanência no ambiente (Ferracini et al., 2001).

O índice de lixiviação de GUS não apontou em nenhum dos casos alguma possibilidade, ainda que remota, de lixiviação para nenhum dos inseticidas estudados (Tabela 38).

Pelo cálculo do índice de lixiviação de Bacci & Gaggi, estima-se que somente o etofenproxi não tem possibilidades de lixiviação, mesmo nas condições mais extremas de ambiente. Porém no caso da molécula de endossulfan, tanto para o isômero alfa quanto para o isômero beta, existe uma possibilidade de se lixiviar um pouco no perfil do solo, e para este caso, o modelo de Bacci & Gaggi, classifica-o como um produto “de transição” quando o seu K_{oc} e DT_{50} assumem valores de 3000 e 70 dias respectivamente.

Para o clorpirifos, o índice de lixiviação de Bacci & Gaggi classificou-o como um produto “de transição” em duas das três situações descritas, o que o faz considerá-lo como um produto que se deve ter mais cuidado nas aplicações.

Segundo Nieweglowski (2006), o clorpirifos tem uma persistência baixa no ambiente, fato este que o torna menos propenso a atingir as águas subterrâneas devido a sua rápida degradação dificultando-o atingir águas mais profundas.

A contaminação das águas por produtos fitossanitários pode ocorrer pela deriva das pulverizações aéreas, pela lixiviação através da água do solo, através da erosão dos solos e pela lavagem e descarte de embalagens (Filizola et al., 2002).

Para ambos isômeros de endossulfan e para o clorpirifos, mesmo nestas condições descritas, que fazem com que estes se comportem como produto “de transição” para lixiviação, ainda é difícil atingirem águas subterrâneas mais profundas, mas, ainda sim, é necessário ter mais cuidado com estes produtos quando utilizados em solos arenosos com maior possibilidade de percolação da água e com pouca atividade de argila.

Os solos com maiores percentagens de matéria orgânica e de argila têm, em geral, maior capacidade de retenção da água e de adsorção de produtos fitossanitários, verificando-se o oposto em solos com baixos teores em matéria orgânica e elevadas percentagens de areia que expõem com maior facilidade o lençol freático à contaminação por produtos químicos (Batista, 2003).

6.3.3 Classificação do potencial de risco ambiental em três sistemas (solo epígeo e hipógeo, água superficial) dos inseticidas

Nesta parte do trabalho avaliou-se o potencial de risco ambiental dos inseticidas utilizados para o controle da broca-do-cafeeiro de acordo com a metodologia utilizada por Finizio et al. (2001).

Conforme definido na metodologia, analisou-se somente o ERIP e o maior potencial de risco definido pelo Nível I do modelo de fugacidade de Mackay, que, para os inseticidas em estudo foi o sistema hipógeo (curto e longo prazo).

Finizio et al. (2001) baseado nos fatores ecotoxicológicos e características físico-química dos produtos fitossanitários desenvolveu uma base de cálculos capaz de inferir a possibilidade de cada produto causar impacto ambiental em suas respectivas PEC's de acordo com resultado calculado.

Pelos cálculos do ERIP, de acordo com Finizio et al. (2001), estima-se que entre os inseticidas utilizados para controle da broca-do-cafeeiro, o clorpirifos e o endossulfan são aqueles que possuem maior potencial de risco ambiental, seguido do etofenproxi (Tabela 39).

Tabela 39. Índices ERIP, impacto ambiental e índices de contaminação de solo hipógeo a curto e longo prazo por inseticidas utilizados no controle de broca-do-café com suas respectivas pontuações, desenvolvida por Finizio et al. (2001). Lisboa, 2008.

Valores calculados	PRIHS-1	Nível PRIHS-1	PRIHS-2	Nível PRIHS-2	ERIP	Nível ERIP
Clorpirifos	53	4	176	5	187,098	5
Endossulfan	64	5	108	5	164,18	5
Etofenproxi	51	4	320	5	23,931	3

Notas: 1 – Negligenciável; 2 – Baixo; 3 – Médio; 4 – Alto; 5 – Muito alto.

Ao distribuir pontuações e pesos para as toxicidades dos inseticidas em organismos do sistema hipógeo, epígeo e aquático, observou-se que todos os inseticidas possuem alta toxicidade aos organismos aquáticos, como *daphnia spp.*, peixes e algas.

A toxicidade destes inseticidas aos organismos aquáticos, a princípio não é importante, pois ao observar a tabela 37 não se constata tendência destes compostos migrarem em grandes quantidades para o compartimento água. No entanto, devido a alta persistência dos organoclorados (Sanches et al., 2003), vários autores como Filizola et al. (2002); Menone et al. (2008) e Ntow et al. (2008) verificaram contaminação das águas superficiais por resíduos de endossulfan. Botkline & Keller (2000) e Kamrin (1997) afirmam que estes compostos são primariamente transformados, em sistemas aquáticos, tendo baixo potencial de bioacumulação para este sistema.

Produtos fitossanitários dos grupos químicos organofosforados e piretróides são menos persistentes (Nieweglowski, 2006) e moderadamente persistente (Kamrin, 1997), respectivamente, quando comparado aos produtos do grupo químico dos organoclorados, o que dificulta a contaminação das águas superficiais e profundas.

No entanto, Finizio et al. (2001) em estudos ecotoxicológicos envolvendo organofosforados verificaram que este grupo químico é complexo para as variáveis ambiental e toxicológicas, pois alguns produtos químicos se comportam com risco de baixo a médio prazo devido à sua baixa dose de aplicação e de baixa persistência. Porém outros inseticidas do mesmo grupo químico mostram-se de alto risco apenas para os ambientes aquáticos, a curto prazo. O autor cita que, como regra geral, para a maioria dos organofosforados, o risco parece ser mais elevado a curto prazo, devido à elevada toxicidade e relativamente baixa persistência.

Para o cálculo do impacto ambiental ERIP, também considera-se o compartimento solo epígeo e solo hipógeo, definido por Finizio et al. (2001). Para isso, no caso do solo epígeo é considerada a ecotoxicologia das abelhas, aves, mamíferos e artrópodos benéficos. E, no caso do solo hipógeo foi considerado a ecotoxicologia dos microrganismos do solo, artrópodos benéficos, minhocas e mamíferos.

O endossulfan e o clorpirifos obtiveram pontuação muito alta para toxicidade utilizado no cálculo de ERIP e o etofenproxi obteve uma pontuação média para tal cálculo, e, no caso do ambiente hipógeo estima-se risco alto a curto prazo e muito alto à longo prazo para os inseticidas etofenproxi e o chlorpirifos. Estes últimos são tóxicos para as abelhas (Linders

et al., 1994) e, ao pulverizar uma quantidade de inseticida no ambiente, estes tornam-se mais representativos no sistema solo (Tabela 37). Para o caso do endossulfan, medianamente tóxico para abelhas (Linders et al., 1994), somente são previstos efeitos tóxicos para abelhas em pulverizações com dosagens acima de $1,6 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial (Tomlim, 2006).

No caso das aves, o clorpirifos é moderadamente tóxico, o endossulfan sensivelmente tóxico e o etofenproxi, muito sensivelmente tóxico (Linders et al., 1994). Porém estes inseticidas possuem alta afinidade com o solo (sistema hipógeo), e desta forma, neste trabalho somente foram calculados e discutidos os resultados para o compartimento ambiental hipógeo a curto e longo prazo (Tabela 37).

O endossulfan possui um impacto ambiental muito alto para solos hipógeos a curto prazo, enquanto os inseticidas clorpirifos e etofenproxi possuem um impacto ambiental alto para os solos hipógeos, também a curto prazo.

Em relação as pontuações atribuídas aos diferentes fatores para o cálculo deste índice verificou-se que todos os inseticidas obtiveram pontuações altas para artrópodos benéficos e pontuações relativamente baixas para mamíferos. Todavia, as pontuações para toxicologia de minhocas foi bem mais alta para o endossulfan, que conseqüentemente, conforme metodologia de Finizio et al. (2001), torna-se um inseticida de maior risco para o sistema de solo hipógeo, quando comparado ao clorpirifos e etofenproxi.

A longo prazo os três inseticidas são de alto risco, tal valor para estes inseticidas deu-se devido a pontuação máxima considerada para artrópodos benéficos e microrganismos de solo (Tabela 7), não tendo sido encontrados parâmetros para tal análise na literatura. Desta forma, considera-se, exclusivamente para os inseticidas, a maior pontuação: 8 para artrópodes e 4 para microrganismos, pois os inseticidas correspondem ao grupo de maior risco ecotoxicológico para artrópodes, assim como os fungicidas para os microrganismos (Finizio et al., 2001).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizou-se o inseticida etofenproxi devido à notícia de uso deste inseticida em algumas propriedades da região do sul de Minas Gerais no controle da broca-do-café, o que propôs potencialidade deste inseticida para o controle deste inseto.

Sobre a fase de eficiência de controle dos inseticidas, as aplicações foram realizadas respeitando o período de carência dos produtos, realizando todas as pulverizações com no máximo 70 dias (endossulfan) antes da possível colheita. Desta forma, o nível de infestação do experimento estava no limite da viabilidade econômica, ou seja, de 3%. Isto pode ter dificultado a interpretação dos resultados referentes à percentagem de infestação.

Não houve influência dos tratamentos e, conseqüentemente da infestação pela broca, na classificação quanto ao tipo do café, sendo classificado em todos os casos como tipo 2;

Vale lembrar que, para o caso da previsão de multicompartimentabilidade dos inseticidas no modelo de Mackay leva em consideração um padrão denominado de “Unidade Mundo” para solo e clima, o que significa que estes modelos são somente uma análise preditiva do que pode acontecer na prática. Não significando que estes resultados serão concretizados sempre no campo, pois existem outros fatores, como a variabilidade do solo e do clima na Terra, assim como a distribuição inicial, ou seja, o modo de aplicação dos produtos fitossanitários no ambiente.

8 CONCLUSÕES

As gotas de pulverização com o turbopulverizador hidráulico atingem com maior intensidade a parte inferior do cafeeiro;

A qualidade da pulverização avaliada com o corante amarelo fluorescente é mais homogênea para os volumes aplicados com turbopulverizador hidráulico;

A pulverização com o turbopulverizador pneumático é mais homogênea com volumes de calda 50 e 75% menores comparativamente ao aplicado pelo turbopulverizador hidráulico;

O volume de calda em aplicações no cafeeiro pode ser reduzido se utilizado o equipamento turbopulverizador pneumático;

O produto mais eficiente para o controle da broca-do-cafeeiro é o endossulfan;

Não se observa redução significativa de peso para as sacas de café de 60 kg;

Não é quantificado resíduo de nenhum dos inseticidas testados para controle da broca-do-café em café beneficiado;

Os inseticidas estudados possuem elevada afinidade para o solo, com distribuições ambientais previstas superiores a 95%;

Os cálculos dos índices de lixiviação, para condições variáveis de Koc e DT_{50} , não evidencia elevado potencial de contaminação da água subterrânea pelos inseticidas em estudo;

O inseticida etofenproxi apresenta risco médio para o ambiente, enquanto os inseticidas clorpirifos e endossulfan apresentam risco muito alto para o ambiente;

O impacto ambiental em solos hipógeo a curto prazo é alto para etofenproxi e clorpirifos e muito alto para endossulfan;

Todos os inseticidas estudados possuem risco muito alto para o sistema solo hipógeo do ambiente a longo prazo.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC (ASSOCIAÇÃO Brasileira das Indústrias de Café). Disponível em: <http://www.abic.com.br/safe_dicas.html>. Acessado em: 26/02/2009.

ADG (Aquatic Dialog Group) – **Pesticide Risk Assessment and Mitigation**. SETAC Press, Pensacola, Florida, 188p. 1994.

AMARO, P. **A Protecção Integrada**, ISBN: 972-8669-10-0. Lisboa, PT. Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa. ISA/UTL, 2003. 446p.

ANDRAWES, N.R.; BAGLEY, W.P.; HERRETT, R.A. Fate and carryover properties of Temik aldicarb pesticide [2-methyl-2-(methylthio) propionaldehyde O-(methylcarbamoil) oxime] in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.19, n.4, p.727-730, 1971.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 7.ed. São Paulo: Organização Andrei, 2005. 1141p.

BACCI, E. **Ecotoxicology of organic contaminants**. CRC Press/Lewis Publishers Inc., Boca Raton, Florida, USA, 165p. 1994.

BACCI, E.; GAGGI, C. – **Simple models for ranking pesticide mobility from soils.** In: DEL RE, A.M.; CAPRI, E.; EVANS, S.P.; NATALI, P.; TREVISAN, M. (Ed.). **Proceedings... SYMPOSIUM ON PESTICIDE CHEMISTRY, 9., 1993, Piacenza.** Mobility and degradation of xenobiotics. Piacenza, Italy, 12-13. 209-219, 1993.

BARROS, U. V.; GARÇON, C. L. P.; MATIELLO, J. B.; FILHO, S. L. **Estudo da ação do inseticida etofenproxi (trebom 300 CE) no controle da broca do cafeeiro *H. hampei*** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 27., 2001, Uberaba, MG. **Anais...** Uberaba, MG: MAPA/UFLA/Fundação PROCAFÉ, 2001. v.27, p 38-39.

BATISTA, S.A.B. **Exposição da água subterrânea a pesticidas e nitratos em ecossistemas agrícolas do Ribatejo e Oeste e da Beira Litoral.** Lisboa, 2003, 468f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica – Pós-graduação em Produção Integrada) Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa.

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR 11003 e TXVK-4 em diferentes condições de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.364-373, 2004.

BECKMANN, M. Z.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, L. F. **Aspectos ecotoxicológicos de químicos agrícolas.** Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos/aspectos-ecotoxicologicos/aspectos-ecotoxicologicos.shtml>>, em 31/07/2008.

BEZERRA, M.C.L.; VEIGA, J.E. **Agricultura sustentável.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000. 157p. ISBN: 85-7300-099-6

BOTKLIN, D. B.; KELLER, E. A. **Environmental science: earth as a living planet.** 3rd ed. New York: Wiley, 2000. s.p.

BRECHTEL, A. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. 1ª ed. Fundação Agricultura e Meio Ambiente (FAMA) República Dominicana. Edição brasileira: Santa Cruz do Sul/RS, Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor – CAPA, 2004. 33p.

BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL. **Boom sprayers handbook**. Brington: British Crop Protection, 1991. 60 p.

BUENO JR., J.A.S. **Deposição e distribuição de pulverizações no controle de ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) em limoeiro ‘Siciliano’**. 2002. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2002.

BULL, D.D.; STOKES, R.A.; COPPEDGE, J.R.; RIDGWAY, R.L. Further studies of the fate of aldicarb in soil. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.63, p.1283-1289, 1970.

CAFÉ. **Agrianual 2005**: Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 241-256, 2005.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 279p.

CAMPBELL, A.T.; NICHOLLS, P.H.; BROMILOW, R.H. Factors influencing rates of degradation of an arylamide in subsoils. In: BCPC SYMPOSIUM ON PESTICIDES IN SOILS AND WATER: current perspectives, 1991, Coventry. **Proceedings...** University of Warwick, Coventry, UK p.155-161. 1991.

CASTILHOS, Z.C.; CASTRO, A.M.; RAMOS, A.S.; LIMA, C.A.; RODRIGUES, A.P. de C. **Avaliação de risco à saúde humana, conceitos e metodologias**. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral / Ministério da Ciência e Tecnologia (CETEM/MCT), 2005. 54 p. (Série Estudos e Documentos).

CEREJEIRA, M.J.; SILVA-FERNANDES, A.; BACCI, E.; MATOS, J. Atrazine and nitrates in the drinking ground water of the Chamusca agricultural area (Portugal). **Toxicological and Environmental Chemistry**, Abingdon, v.51, n.1, p.153-160, 1995a.

CEREJEIRA, M.J.; SILVA-FERNANDES, A.; VIANA, P.; BACCI, E. Atrazine and nitrate levels in the ground water of irrigation wells in the agricultural area of Chamusca (Portugal). **Toxicological and Environmental Chemistry**, Abingdon, v.49, n.1, p.123-128, 1995b.

CEREJEIRA, M.J.; SILVA, E.; BATISTA, S.; TRANCOSO, A.; CENTENO, M.S.L.; SILVA-FERNANDES, A. Simazine, metribuzine and nitrates in ground water of agricultural areas of Portugal. **Toxicological and Environmental Chemistry**, Abingdon, v.75, n.3, p.245-253, 2000.

CEREJEIRA, M.J.; VIANA, P.; BATISTA, S.; PEREIRA, T.; SILVA, E.; VALÉRIO, M.J.; SILVA, A.; FERREIRA, M.; SILVA-FERNANDES, A. Pesticides in Portuguese surface and ground waters. **Water Research**, New York, v.37, p.1055-1063, 2003.

CORRÊA, H.G. Equipamentos de aplicação não tratorizados – Situação no Cone Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente - SINTAG, 1., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p.92-101.

COSTA, J.N.M.; SILVA, R.B. da; RIBEIRO, P.A.; GARCIA, A.. Ocorrência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vull. Em broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) no Estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n.3, p. 517-519, 2002.

COSTA, J.N.M.; SILVA, D.A. da; TREVIZAN, O.; GARCIA, A.; GAMA, F. de C.; TEIXEIRA, C.A.D. Performance de inseticidas químicos e biológicos no controle de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera Scolytidae) em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003, p. 347-348.

CURE, J.R.; SANTOS, R.H.S.; MORAES, J.C. VILELA, E.F.; GUTIERREZ, A.P. Fenologia e Dinâmica Populacional da Broca-do-café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.27, n.3, p. 325-335, 1998.

DIEZ-RODRIGUEZ, GABRIELA, I.; BAPTISTA, G.C.; TREVISAN, L.R.P.; HADDAD, M.L.; NAVA, D.E. Resíduos de tiametoxam, aldicarbe e de seus metabólitos em folhas de cafeeiro e efeito no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.2, p. 257-263, 2006.

DIRECTIVA DO CONSELHO de 15 de Julho de 1991 relativa à colocação dos produtos fitofarmacêuticos no mercado (91/414/CEE) (JO L 230 de 19.8.1991, p. 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Software e-Sprinkle: sadgna. v.10, São Carlos, 2000. 1 CD-ROM.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANISATION COUNCIL OF EUROPE (EPPO). Decision-making scheme for the environmental risk assessment of plant protection products. **Bulletin OEPP/EPPO**, Paris, v.23, p.151-165, 1993.

ETO FENPROX 185. Disponível em:

<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/JMPR/Download/93_eva/efenpox.pdf>. Acesso em: 31/07/2008.

FERRACINI, V.L.; PESSOA, M.C.Y.P.; SILVA, A.S.; SPADOTTO, C.A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 1-16, 2001.

FERREIRA, A.J.; BUENO, V.H.P.; MORAES, J.C.; CARVALHO G. A.; BUENO FILHO, J.S. Dinâmica Populacional da Broca-do-Café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) em Lavras, MG. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.29, n.2, p. 237-244, 2000.

FERREIRA, A.J.; MIRANDA, J.C., BUENO, V.H.P.; ECOLE, C.C.; CARVALHO, G.A. Bioecologia da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferreira, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), no agroecossistema cafeeiro do cerrado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.2, 422-431, 2003.

FERREIRA, D.R. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, V.L.; SANS, L.M.A.; GOMES, M.A.F.; FERREIRA, C.J.A. Monitoramento e avaliação de risco de contaminação de pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guará/SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p. 659-667, 2002.

FINÍZIO, A.; CALLIERA, M.; VIGHI, M. Rating systems for pesticide risk classification on different ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v.49, 262-274, 2001.

FLORES, A.V.; RIBEIRO, J.N.; NEVES, A.A.; QUEIROZ, E.L.R. de; **Organoclorados: um problema de saúde pública**. Ambiente e Sociedade. Associação Nacional de Pós-graduação e pesquisa em meio ambiente e sociedade (ANPPAS), Campinas, v.7, n.2, p. 125-143, 2004.

FOOTPRINT: creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>>. Acesso em: 31/07/2008.

FORNAZIER, M.J.; MARTINS, D. dos S.; MUNER, L.H.; BENASSI, V.L.R.; ARLEU, R.J. Danos da broca-do-café em café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília, Embrapa Café, 2001. p. 131-132.

FRACÁCIO, R.. **Estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e *in situ*), com ênfase na avaliação da toxicidade de metais e de pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia reticulata*) – sub-bacia do rio Monjolinho.** 2006. 184f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

FRIEDRICH, T. **La actuación de la fao con respecto a la tecnologia de aplicacion para agroquímicos.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente - SINTAG, 1., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p. 1-15.

GALLO D; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola.** Piracicaba, FEALQ, 2002. 920 p.

GANZELMEYER, H.; RAUTMANN, D.; STRELOKE, R.; HERRMANN, M.; WENZELBURGER, H. J.; WALTER, H. F. Studies on the spray drift of plant protection products. & Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft." Berlin, Heft 305, **Blackwell Wissenschafts, Verlag**, Berlin, 1995. 111p.

GARCIA, L.C. **Avaliação de tecnologias de aplicação de nematóides entomopatogênicos visando o controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae) na cultura do milho.** 2006. 55f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

GELMINI, G. A. **Agrotóxicos: legislação básica**. Campinas, Fundação Cargill, v.2, 1991. 398 p.

GITIRANA NETO, J.; RODRIGUES, J.; ARAMAKI, P. Estudos de eficiência dos produtos Verdadero 600 WG (Thiamethoxan + Cyproconazole) e Actara 250 WG (Thiamthoxan) no controle da broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae), na cultura do café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 31., 2001, Guarapari. **Anais...** Guarapari, MAPA/UFLA/Fundação PROCAFÉ, 2005. v.31, p. 200.

GITIRANA NETO, J.; SALGADO, L.O.; SILVA, A.C.; FERREIRA, J.A.; PINTO, R.A. Estudo do comportamento do produto Regent 300 CE (Fipronil), Thiodan CS (Endosulfan) e RPA 115782, no controle da praga *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*). In: ENCONTRO DE CAFEICULTORES DE MARÍLIA, 6., 2000, Marília. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro, PROCAFÉ, 2000. p. 328-330.

GORENSTEIN, O. Monitoramento de resíduos de agrotóxicos realizado pela ceagesp no período de dezembro de 2006 a maio de 2007. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.6, 2008.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; SOUZA, C.A.S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 317 p.

GUSTAFSON, D.I. Ground water ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.8, n.4, p. 339-357, 1989.

GUSTAFSON, D.I. **New advances in predicting pesticide fate and transport.** In.: A. COPIN, A.; HOUINS, G.; PUSSEMIER, L.; SALEMBIER, J.F. (Ed.). INTERNATIONAL WORKSHOP ENVIRONMENTAL BEHAVIOUR OF PESTICIDES AND REGULATORY ASPECTS, 5., 1994, Brussels, Belgium. **Proceedings....** European Study Service, Rixensart, Belgium, 1994, p. 453-458.

HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.48, p.157-161. 1955.

HOERGER, F.; KENAGA, E. E. Pesticide residues on plants: correlations of representative data as basis for estimation of their magnitude in the environment. In: COULSTON, F.; KORTE, F. (Eds.). **Environmental quality and safety: chemistry, toxicology, and technology.** Stuttgart, Georg Thieme, 1972. p.9-28.

JACTO. **Catálogo de produtos.** 2.ed. Pompéia, Jacto, 2001. 24p.

JESUS JÚNIOR, W. C.; POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; PEZZOPANE, J. E. M.; SANTIAGO, T. **Atualidades em Defesa Fitossanitária.** Alegre/ES, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, 2007, 476p.

JOCYS, T.; TAKEMATSU, A.P.; KAWAKAMI, R.K.; MURANAKA, H.M. **Eficiência de inseticidas no controle da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) em laboratório.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, Embrapa Café, 2003. p. 339-340.

KAMRIN, M. A. **Pesticides profile: toxicity, environmental impact and fate.** New York, Lewis, 1997, 675p.

LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas.** 1ª ed. São Paulo, Editora Monole. 1999. 230p.

LARTIGES, S.P.; GARRIGUES, P.P. Degradation kinetics of organophosphorus and organonitrogen pesticides in different waters under various environmental conditions. **Environmental Science Technology**, Easton, v. 29, n.5, p. 1246-1254, 1995.

LIGHTFOOT, E.N.; THORNE, P.S.; JONES, R.L.; HANSEN, J.L.; ROMINE, R.R. Laboratory studies on mechanisms for the degradation of aldicarb, aldicarb sulphoxide and aldicarb sulphone. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.6, p.377-394, 1987.

LIMA, E.R.; AMBROGI, B.G.; COSTA, F.G.; SARAIVA, R.M. **Emprego de semioquímicos no manejo de pragas do café**. In: ENCONTRO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 5., 2003, Viçosa. **Resumos (palestras)...** Viçosa, UFV, 2003. p. 47-66.

LINDERS, J.B.H.J.; JANSMA, B.J.W.G.; MENSINK, B.J.W.G.; OTERMANN, K. **Pesticides: benefaction or pandora's box? A synopsis of the environmental aspects of 243 pesticides**. National institute of public health and environmental protection bilthoven, the Netherlands, 1994. 204p.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C.A.; SILVA, M.S.; RIBEIRO, M.L. Avaliação do potencial de contaminação de água subterrânea por pesticidas: comparação de métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 87-106, 2005.

LUCAS, M. B.; LUCAS, R. V. Estudo de eficiência biológica e praticabilidade agrônômica dos inseticidas Thiacloprid (Calypso 480 SC) e Methicarb (Mensurol 500 SC) no controle da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Uberaba, MAPA/UFLA/Fundação PROCAFÉ, p. 120-121, 2001.

MACIEL, C.G.; VELINI, E.D.; RAETANO, C.G.; SOUZA, R.T.; NEGRISOLI, E.; CAVANEGHI, A.L.; SILVA, M.A.S. Estimativa de depósito e distribuição da calda de pulverização em papel hidrossensível e plantas de *Ipomoea grandifolia*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente - SINTAG, 2., Jundiaí, 2001. Disponível em:< <http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automação/sintag/anais.htm>>. Acesso em: 15/12/2008.

MACKAY, D. Finding fugacity feasible. **Environmental Science Technology**, Easton, v.13, p. 1218-1223, 1979.

MACKAY, D. **Multimedia environmental models**. The fugacity approach. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan, 1991. 257p.

MACKAY, D. **Fate Models**. In: CALOW, P. (Ed.) Handbook of ecotoxicology. Blackwell scientific publications, Oxford, UK, v. 2, p. 348-367. 1994.

MACKAY, D.; PATERSON, S. Calculating fugacity. **Environmental Science Technology**, Easton, v. 15, p. 1006-1014, 1981.

MACKAY, D.; SHIU, W.; MA, K. **Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals**. Vol. V Pesticide chemicals, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 1997, 812p.

MARQUES, J.F. **Pesticidas na água potável: padrões de qualidade e princípio de precaução na legislação européia**. CADERNO CRH, Salvador, n.24/25, p.269-285, jan./dez. 1996.

MARTIGNANI. **Nebulizador neumático-lectrostático “martignani kwh” - modelo whirlwind b612 “autonomtrac”**. Disponível em: <<http://www.martignani.com/esp/remolcados-whirlwind.asp>> . Acesso em: 12/03/2008.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café – Novo Manual de Recomendações**. Varginha, Fundação Procafé, 2005. 438p.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. London, Longman, 1979. 334p.

MATTHEWS, G.A. **Application of pesticides to crops**. London, Imperial Colleg Press, 2000. 432p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal, Funep, 1990, 139p.

MENDONÇA, C. G. **Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfícies foliares**. 2003. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia – Pós-graduação em Proteção de Plantas) Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

MENONE M.L.; PESCE S.F.; DIAZ M.P.; MORENO V.J.; WUNDERLIN D.A. Endossulfan induz estresse oxidativo e mudanças na desintoxicação enzimas na macrófitas aquáticas *Myriophyllum quitense*. **Fitoquímica**, v. 69, n. 5, p. 1150-1157, 2008.

MORAES, J.C.; CARVALHO, G.A.; ZANETTI, R. **Métodos de amostragem do bicho-mineiro do cafeeiro e da broca-do-café**. Lavras, UFLA, 2002. 24p.

NIWEGLOWSKI, A. M. A. **Indicadores de qualidade da agua na bacia hidrográfica do Rio Toledo**. 2006. 218f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba.

NTOW W.J.; DRECHSEL P.; BOTWE B.O.; KELDERMAN P.; GIJZEN H.J.; HUUB J. O impacto da enxurrada agrícola sobre a qualidade dos dois córregos, em áreas agrícolas vegetais em Gana. **Revista de Qualidade Ambiental**, v. 37, n.2, p. 696-703, 2008.

OKUMURA, A.S.K.; NEVES, P.M.O.J.; POSSAGNOLO, A.F; CHOCOROSQUI, V.R.; SANTORO, P.H. Controle da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) FERRARI em terreiros de secagem de café. **Semana: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 277-282, 2003.

OLIVEIRA, C.A.L.; CAMPOS NETO, R.R.; FERNANDES, C.B.; Efeito de diferentes volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 117-124, 1998.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Ceres, 1981. 425p.

PACHITO, E.M. Como obter café de qualidade. In: DAHER, F.A.; TEIXEIRA, M. M. (Coords.) Apostila do curso de cafeicultura sustentável. Vitória, CETCAF, 2009. p. 49-74. Disponível em: <<http://www.cafesustentavel.com.br/arquivos/publicacoes/66.pdf>>. Acesso em 26/02/2009.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PARAÍBA, L.C. **Estimativa do fator de bioconcentração de pesticidas em maçã**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2006. 7p. (Comunicado técnico 42).

PATERSON, S.; MACKAY, D. **The fugacity concept in environmental modeling**. In: HUTZINGER, O. (Ed.) – Handbook of environmental chemistry. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 2/Part C, p.121-140, 1985.

PEREIRA, T. P. de M. **Impacte da utilização de pesticidas em ecossistemas orizícolas sobre a qualidade de águas superficiais**. 2003. 392f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica – Pós-graduação em Produção Integrada) Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

PEREIRA, A.E. Uso de armadilha visando geração de nível de ação e correlação entre captura e infestação de *Hypothenemus hampei* na cultura do café. 2006. 36f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PESSOA, M.C.P.Y.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; FERNANDES, E.N.; LIMA, M.A. **Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos das atividades agrícolas**. Jaguariúna, Embrapa-CNPMA, 1997. 83 p. (Documentos, 8).

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v.62, n. 3, p. 499-505, 2003.

PIMENTA, C.J. **Qualidade do café**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003, 304p.

RAETANO, C.G. **Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. Tese (Doutorado em Ciências). 1996. 93f. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

RAETANO, C.G. **Resíduos de fentoato e malation em tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) determinados por cromatografia em fase gasosa**. Dissertação (Mestrado em Ciências). 1991. 85f. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R. **Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente - SINTAG, 2., Jundiaí, IAC, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automação/sintag/ana%20is.htm>>. Acesso em: 15/12/2008.

RAIJ, B.V. Produção integrada de café – PIC. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n.2, p. 14-15, 2003.

RAMOS, H.H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia brasileira**, Fortaleza, Ceará. v.25 (suplemento), n. 217-474, p. 275-89, 2000.

RAMOS, H.H.; SANTOS, J.M.F.; ARAÚJO, R.M.; BONACHELA, T.M. **Manual de Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas, ANDEF, 2004, 43p.

RAMOS, H. H.; YANAI, K; ARAÚJO, D.; AGUIAR, V. C. **Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura do café**. In: THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C. (Coords.). CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CAFÉ, 7., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas, Instituto Agrônomo, 2007. 91p. (Documentos IAC, 80)

RAND, G.; WELLS, P.; McCARTY, L. **Introduction to aquatic toxicology**. In: RAND, G. (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology**. Washington, Taylor & Francis, 1995. 370p.

REETZ, E.R.; BELING, R.R.; VENCATO, A.; RIGON, L.; CORRÊA, S.; SANTOS, C.; NEUMANN, I.; JUNGBLUT, G. **Anuário brasileiro do café**. Santa Cruz do Sul, FNP, 2007. 136p.

REINATO, C.H.R. **Secagem e armazenamento do café: aspectos qualitativos e sanitários**. 2006. 111f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REIS, P.R.; SOUZA, J.C. de; MELLES, C. do C.A. Pragas do cafeeiro. **Informe Agropecuario**. Belo Horizonte, EPAMIG, v.10, n.109, p. 3-57, 1984.

RENA, A. B.; MATIELLO; J.B.; MAESTRI M.; FAZUOLI, L.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; LOPES, A.S.; MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D.R.; MIGUEL, A.E.; ALMEIDA, S.R.; REIS, P.R.; SOUZA, J.C.; CAMPOS, V.P.; LIMA, R.D.; SOUZA, I.F.; MELLES, C.A.; KASHIMA, T.; HONDA, A.I.; FAVA, J.F.M.; BASTOS, M.V.; SARTORI, S.; NOGUEIRA, V.S.; PAIVA, J.E.P. **Cultura do Cafeeiro (Fatores que afetam a produtividade)**, capítulo 2. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosforo, ESALQ, 1986. 447p.

RIBAS, C.; FERREIRA, M. da S.; ANGELI, C.M. **Resíduos de endosulfan usado no combate a broca do café (*Hypothenemus hampei*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. 381p.

RIGITANO, R.L.O.; SOUZA, J.C.; MORAES, M.M. Resíduos de aldicarbe e seus metabólitos tóxicos em café após a aplicação de aldicarbe 15 G no solo em diferentes intervalos antes da colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 8, p. 955-959, 1989.

RIOS, J.N.G. **Certificação de origem e café de qualidade**. In: ENCONTRO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 5., 2003, Viçosa. **Resumos (palestras)...** Viçosa, UFV; DFP, 2003. p. 509-554.

RISSATO, S.R.; LIBANIO, M.; GIAFFERIS, G.P.; GERENUTTI, M. Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n.5, p.739-743, 2004.

SALYANI, M. **Optimization of sprayer output at different volume rates**. St. Joseph, ASAE, 1999. 1 CD-ROM (ASAE Paper n.99-1028).

SANCHES, S.M.; DA SILVA, C.H.T. de P.; DE CAMPOS, S.X.; VIEIRA, E.M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 53-58, 2003.

SCORZA JÚNIOR, R.P.; DA SILVA, J.P. Potencial de contaminação da água subterrânea por pesticidas na bacia do rio dourados, MS. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 17, p. 87-106, 2007.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAUJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v.63, n. 1, p. 129-139, 2004.

SILVA, E., BATISTA, S., VIANA, P., ANTUNES, P., SERÔDIO, L., CARDOSO, A.T., CEREJEIRA, M.J. Pesticides and nitrates in groundwater from oriziculture areas of the 'Baixo Sado' (Portugal). **International Journal Environmental Analytical Chemistry**, v. 86, n.13, p. 955-972, 2006.

SOUZA, J.C.; REIS, P.R. **Broca-do-café: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle**. Belo Horizonte, EPAMIG, 1997. 40 p. (Boletim técnico n.50).

SOUZA, J.C.; REIS, P.R. **Efeito da broca do café (*Hypothenemus hampei* – Coleoptera-Scolytidae F.) na produção e qualidade do grão de café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 8., 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1980. p. 281-283.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. **Eficiência dos inseticidas Fipronil, Ethirprole e Endosulfan MC em pulverização no controle da broca do café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26.,; ENCONTRO DE CAFEICULTORES DE MARÍLIA, 6., 2000, Marília, SP. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro, PROCAFÉ, 2000. p. 167-168.

SOUZA, J.C.; SOUZA, M.A.; SOUSA, A. **Broca-do-café: previsão de infestação para a safra 2002 no sul de Minas, alto Paranaíba e Triângulo Mineiro**. Belo Horizonte, Centro Tecnológico do Sul de Minas - CTSM, 2001. 4 p. (Circular Técnica nº 138, mês 9).

SPADOTTO, C.A. Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. **Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar**, São Manuel, 2006. 9p. Disponível em <<http://www.fmr.edu.br/npi>>. Acesso em 20/09/2008.

STEVANATO, S. G.; STEVANATO, R. G.; ARAÚJO, C. H. C.; FREITAS, J. L. P.; FERREIRA, N. **Controle da broca do cafeeiro com diversos inseticidas e seus efeitos na qualidade do café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu, MAPA/UFLA/Fundação PROCAFÉ, 2002. p. 74-75.

TAVARES JÚNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; MAIA, A.H.N.; FAZUOLI, L. C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.61, n. 2, p. 199-203, 2002.

TERRA, M.A. **Efeito de pontas e volumes de pulverização na deposição de calda na cultura do milho e em plantas daninhas**. 2006. 68f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

THOMAZIELLO, R.A.; OLIVEIRA, E.G.; TOLEDO FILHO, J.A.; COSTA, T.E. **Cultura do Café**. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral CATI, 3ª ed., 1997. 75p. (Boletim Técnico, 193).

TOMLIM, C.D.S. (Ed.) – **The pesticide manual**. 12th ed. The British Crop Protection Council, Famham, Surrey, UK, 2006, 1250 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **EPA/68-W-01-023**: Fish screening assays for endocrine disruption, Ohio, 2002. s.p.

USHIWATA, C.T. **Você sabe por que o brasileiro gosta de café forte?** Orgânicos do Brasil, 2008. Disponível em: <<http://organicosdobrasil.blogspot.com/2008/07/voc-sabe-por-qu-o-brasileiro-gosta-de.html>> . Acesso em: 30/06/2008.

VIGHI, M.; DI GUARDO, A. Predictive approaches for the evaluation of pesticide exposure. In: VIGHI, M.; FUNARI, E. (Eds.). **Pesticide risk in groundwater**. CRC Press, Boca Raton, 1995. p.73-100.

YOKOYAMA, M. **Avaliação de danos e controle químico da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scoutidae)**. 1978. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

WILES, T. **Projeto e uso de equipamentos de pulverização agrícola na América latina (Parte II Brasil)**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente - SINTAG, 1., Águas de Lindóia, 1996. **Anais...** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p.16-29.

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, UFV, 2003. 376p.

10. APÊNDICE

Apêndice 1. Dados meteorológicos registrados durante a pulverização dos inseticidas em cafeeiro. Campos Gerais, Minas Gerais, 2007.

Inseticidas	Data	Hora	Volume/ha	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do ar (%)	Velocidade do vento (m.s ⁻¹)
Primeira Pulverização						
Chlorpirifos	13/02/2007	17:05 – 17:25	300	27,7 a 31,6	39 a 53,2	0,3 a 4,9
	13/02/2007	19:55 – 20:30	600	21,4 a 27	56,5 a 88,4	0,2 a 0,6
	14/02/2007	19:40 – 20:00	150	24,9 a 27,9	67,3 a 72,7	2,2 a 4,8
Endossulfan	13/02/2007	18:15 – 18:35	300	28 a 28,2	51,2 a 52,8	0 a 6,9
	13/02/2007	19:00 – 19:55	600	27 a 28,5	54 a 58,6	0,2 a 1
	14/02/2007	20:20 – 20:40	150	24,1 a 24,4	72,4 a 78,1	4,7 a 6,3
Etofenproxi	13/02/2007	13:20 – 13:50	300	27 a 28,7	52 a 56,2	1 a 3,4
	13/02/2007	15:15 – 15:50	600	27,5 a 31,2	46,1 a 52,5	0,1 a 1,2
	14/02/2007	19:00 – 19:20	150	27,2 a 29,4	50,8 a 59,8	1,9 a 5,8
Segunda Pulverização						
Chlorpirifos	02/04/2007	19 – 23	Todos	22,7 a 28,6	52 a 60	1,6 a 3,2
Terceira Pulverização						
Etofenproxi	18/04/2007	14:30 – 18:00	Todos	25 a 29	58 a 65	4,8 a 6,4

Apêndice 2. Dados meteorológicos registrados durante a pulverização da solução marcadora em cafeeiro. Campos Gerais, Minas Gerais, 2007.

Data	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do ar (%)	Velocidade do vento (m.s⁻¹)
05/03/07	27,4 a 33,2	32 a 57	1,1 a 4,7
06/03/07	27,7 a 30,7	42 a 58	0,9 a 7,2
07/03/07	25,4 a 32,2	43 a 66	0 a 10,9