

Estimativa do Fator de Bioconcentração de Pesticidas em Maçã

Lourival Costa Paraíba¹

Introdução

Por seu sabor, cheiro, cor, forma e valores nutricionais as frutas são apreciadas em todo o mundo como alimento fresco ou industrializado. Por suas condições climáticas, as regiões temperadas facilitam o cultivo de diversas espécies de plantas frutíferas de clima temperado, mas também propiciam a existência de vários organismos que competem com plantas cultivadas, prejudicando economicamente a produção agrícola destas regiões. Por exemplo, uma determinada combinação de temperatura e umidade do ar pode provocar o aparecimento de diversas espécies de fungos patogênicos que afetam a produção de frutas. Por isso, em todas as regiões temperadas do mundo as plantas frutíferas são cultivadas com auxílio de fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas.

O Brasil é um dos maiores consumidores e exportadores de frutas frescas e de sucos de frutas e ocupa uma posição de destaque entre os dez maiores usuários de pesticidas do mundo (ARMAS et al., 2005). Portanto, a preocupação do governo brasileiro com a qualidade das frutas consumidas no Brasil e exportadas para outros países está de acordo com as expectativas de brasileiros e de estrangeiros consumidores de frutas frescas e de seus derivados. Por exemplo, a diretiva 91/414/EEC da Comunidade Econômica Européia (CEE) (EEC, 1991) estabelece valores limites de concentra-

ções de pesticidas em produtos agrícolas de origem vegetal. Desta forma, a CEE impõe condições para que os produtos de origem vegetal produzidos por seus países ou importados de outros atendam restrições sanitárias para que sejam consumidos por suas populações.

Os modelos matemáticos podem contribuir para prever concentrações de substâncias em frutas de plantas cultivadas com auxílio de pesticidas sugerindo que pesticidas devem ser sistematicamente observados em programas de boas práticas agrícolas. Diversos modelos matemáticos têm sido desenvolvidos para simular a absorção de substância por plantas (FUJISAWA et al., 2002; TRAPP, 1995; TRAPP & MATTHIES, 1995; TRAPP & MATTHIES, 1998; TRAPP & MCFARLANE, 1995; TRAPP et al., 2003; TRAPP & PUSSEMIER, 1991; PARAÍBA, 2007).

A bioconcentração de um pesticida em um organismo é o aumento da concentração do pesticida no organismo em relação à concentração do pesticida no meio. O fator de bioconcentração (BCF) de um pesticida em um organismo é o coeficiente de partição do pesticida entre o organismo e o meio. No estado de equilíbrio químico, este coeficiente é o quociente entre a concentração no organismo e a concentração no meio. Quando os organismos são plantas frutíferas,

¹Matemático, Doutor em Matemática Aplicada, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, 13.820-000 Jaguariúna, SP. lourival@cnpma.embrapa.br

o BCF do pesticida na fruta permite estimar a ingestão diária deste composto por meio do consumo diário da fruta. Sabendo-se que as frutas constituem compartimentos finais de várias substâncias absorvidas da solução do solo pela planta, admite-se que o BCF também permite estabelecer limites seguros de concentrações do pesticida na solução do solo. Teoricamente, o BCF é determinado pelo limite do quociente entre a concentração da substância no organismo e a concentração da substância no meio (PARAÍBA, 2007).

O uso de pesticidas em um cultivo de frutas melhora a produtividade e a qualidade das frutas, porém os consumidores necessitam de informações qualificadas a respeito do risco que estão expostos ao consumirem frutas produzidas com a utilização de pesticidas. Em um sistema de produção integrada é sugerido um conjunto de pesticidas e de técnicas de aplicação e monitoramento ambiental que objetivam reduzir o risco de contaminação alimentar e ambiental. Desta forma, é importante que os gerentes, técnicos, administradores e pesquisadores que elaboram e utilizam sistemas de produção integrada de frutas conheçam o potencial bioacumulativo de pesticidas para que possam monitorar e sugerir novas tecnologias para a produção sustentável de frutas.

O objetivo desse trabalho foi estimar o valor do BCF de 36 pesticidas utilizados no sistema de produção integrada de maçãs (PIM) no ano de 2003/2004 e indicar quais pesticidas devem ser monitorados nestas frutas. Para tanto, foi assumido um cultivo hipotético de macieiras cultivadas com auxílio dos pesticidas da PIM e utilizado o modelo de Paraíba (2007).

Material e Métodos

O modelo de Paraíba (2007) foi utilizado para estimar o BCF de 36 pesticidas da PIM sendo que as informações sobre o uso destes compostos foram adquiridas a partir de Gebler (2004) e de Girardi & Bender (2003). Foram excluídos da análise os pesticidas da PIM que são usados em pós-colheita e aqueles cujas características e dados necessários para estimar o BCF não estão disponíveis na literatura consultada. O modelo de Paraíba (2007) estima o BCF de pesticidas não iônicos em frutas de plantas frutíferas perenes cultivadas com auxílio de pesticidas. No seu desenvolvimento foi suposto que a absorção do pesticida pela planta se dá pelo processo de transpiração da solução do solo absorvida pela planta e que o pesticida degrada no solo segundo uma equação cinética de primeira ordem.

No cálculo do BCF foi suposto que a evolução da concentração do pesticida nos compartimentos do sistema constituído pela solução do solo, o pesticida e a planta estão em estado de equilíbrio estacionário e que as concentrações do mesmo

no xilema/floema estão em equilíbrio em todos os compartimentos da planta. Ademais, foi suposto que o pesticida se dissipa na planta por diluição pelo crescimento da planta e por metabolismo pela planta. Esses processos são descritos no modelo por uma equação cinética de primeira ordem e o transporte do pesticida na planta é um processo passivo que se dá pela transpiração de água absorvida do solo pelas plantas (PARAÍBA, 2007).

Assim, o valor do BCF foi estimado pela expressão dada por (Paraíba, 2007):

$$BCF = \frac{Q Q_F TSCF}{Q + k_{EGS} K_{TW} M} \quad (1)$$

onde BCF (L kg⁻¹) é o fator de bioconcentração do pesticida em maçã, Q (L dia⁻¹ ha⁻¹) é a taxa diária de transpiração de água pelas plantas de macieiras de um pomar de um hectare, Q_F (L kg⁻¹) é o volume total de água do floema para as frutas necessário para produzir um quilo de fruta fresca, TSCF é o fator de concentração do pesticida no fluxo de transpiração, k_{EGS} (dia⁻¹) é a taxa aparente de dissipação do pesticida no sistema solo-planta, K_{TW} é o coeficiente de partição tronco-água do pesticida e M (kg ha⁻¹) é a biomassa total seca de plantas de macieira por hectare. A Eq. 1 foi obtida supondo equilíbrio estacionário do quociente entre a concentração do pesticida na fruta e a concentração do pesticida na solução do solo (PARAÍBA, 2007).

A taxa aparente de dissipação do pesticida no sistema solo-planta foi calculada por:

$$k_{EGS} = k_E + k_G - k_S \quad (2)$$

onde k_E, k_G e k_S (dia⁻¹) são a taxa de degradação do pesticida na planta, a taxa de crescimento da planta e a taxa de degradação do pesticida na solução do solo, respectivamente.

O valor do TSCF foi estimado utilizando a equação de Burken & Schnoor (1998) a qual correlaciona o valor do coeficiente de partição octanol-água (K_{OW}) do pesticida com o valor do TSCF dado pela expressão:

$$TSCF = 0,756 \exp \left(\frac{-(\log K_{OW} - 2,50)^2}{2,58} \right) \quad (3)$$

onde log K_{OW} é o logaritmo do coeficiente de partição octanol-água.

O valor do coeficiente de partição tronco-água (K_{TW}) foi estimado utilizando a equação de Trapp et al. (2001) a qual

correlaciona o valor do coeficiente de partição octanol-água (K_{OW}) com o K_{TW} dado pela expressão:

$$\log K_{TW} = -0,27 + 0,632 \log K_{OW} \quad (4)$$

Foi assumido um pomar de macieiras com 5 anos de idade, com peso total seco estimado em 50.000 kg ha⁻¹ correspondendo a 1000 plantas por hectare com 50 kg de peso seco por planta. A transpiração foi estimada em 8.220 L dia⁻¹ ha⁻¹ (300 mm ano⁻¹, evapotranspiração), a taxa média de crescimento das plantas foi estimada em 2,74x10⁻⁵ dia⁻¹ (0,01 por ano). O volume de água necessária para produzir um quilo de maçã fresca foi de 5,0 L kg⁻¹. Esse valor foi estimado a partir do acréscimo em demanda de água das plantas de macieira no período entre a floração e a produção das frutas.

Os pesticidas estudados estão apresentados na Tabela 1, sendo que os valores de $\log K_{OW}$, do tempo de meia-vida no solo e do tempo de meia-vida na planta foram coletados em Tomlin (2000), Hornsby et al. (1996) e Davis et al. (1980), respectivamente. A taxa de metabolismo de alguns pesticidas foi estimada supondo que o tempo de meia-vida na planta foi de 10% do tempo de meia-vida na solução do solo. Assumir esta última suposição implica em aceitar que a dissipação desses pesticidas na planta de macieira é relativamente rápida quando comparada com a degradação desses pesticidas na solução do solo. Esta suposição também impõe uma precaução com respeito à bioconcentração desses pesticidas em frutas, dado que o valor do BCF (Eq. 1) é inversamente proporcional à taxa aparente de dissipação do pesticida no sistema solo-planta. Para os outros pesticidas a taxa de metabolismo na planta foi estimada do tempo de meia-vida do pesticida na folha determinado por Willis et al. (1980) e compilados por Davis et al. (1980). A taxa de degradação do pesticida no solo foi estimada a partir do tempo de meia-vida do pesticida na solução do solo utilizando a relação $K_S = \ln(2,0) / t_{1/2}(\text{solo})$. A taxa de degradação do pesticida na planta foi estimada a partir do tempo de meia-vida do pesticida na planta utilizando a relação $K_E = \ln(2,0) / t_{1/2}(\text{planta})$.

Resultados e Discussões

Pode-se observar na Tabela 1 que 16 dos 36 pesticidas estudados têm valores de $\log K_{OW} > 3,5$ ou ($K_{OW} > 3170$), o que resulta em uma expressiva afinidade desse conjunto de pesticidas ao carbono orgânico e à matéria lenhosa das plantas, como indicado pelos respectivos valores do coeficiente de partição tronco-água (K_{TW}) (Tabela 2). Como o coeficiente de partição octanol-água é positivamente correlacionado com o coeficiente de sorção do pesticida no solo, esses pesticidas também poderiam ser

encontrados sorvidos no carbono orgânico do solo, nas raízes das plantas ou nos troncos e folhas das macieiras, tais pesticidas são: piridabem, spirodiclofem, fenpiroximate, clorpirifós, imibenconazol, abamectina, difenoconazol, tebufenozide, procloraz, bitertanol, ciprodinil, diazinom, pirazofós, tebuconazol, fenarimol e fluazinam (Tabela 2).

Segundo Paraíba (2007), pesticidas com TSCF ao redor de 0,756 ou $\log K_{OW}$ ao redor de 2,2 apresentam condições favoráveis para translocação da solução do solo para as frutas, porém a sua bioconcentração nas frutas depende do valor da taxa de dissipação do pesticida no sistema solo-planta. As taxas aparentes de dissipação do pesticida no sistema solo-planta (k_{EGS}) permitiram estimar o tempo de meia-vida de cada um dos pesticidas no sistema solo-planta utilizando a relação $t_{1/2}(\text{solo-planta}) = \ln(2,0) / K_{EGS}$ e estão apresentados na Tabela 2. Assim, considerando-se em conjunto o valor do TSCF, o tempo de meia-vida do pesticida no sistema solo-planta, o $\log K_{OW}$ e os valores do BCF da Tabela 2 os pesticidas dodine, mancozebe, carbaril, tiofanato-metil, triflumizol, metiram, triclorfom, triforina, fluquinconazol, simazina, metidationa, triadimefona, clorotalonil e fenarimol são os pesticidas que se deveriam monitorar prioritariamente em maçãs (Tabela 2).

Mancozebe e metiram são dois fungicidas da classe dos ditiocarbamatos que têm sido encontrados em várias regiões do mundo em maçãs e em outros vegetais (CESNIK et al., 2006; CALDAS et al., 2004; PARA, 2004; RIPLEY et al., 2000; DOGHEIM et al., 1999; EU, 2001; IUPAC, 1994) e são recomendados pela FAO (2004) como pesticidas prioritários para monitoramento em frutas e vegetais. Sharma & Nath (2005) analisaram 327 amostras de maçãs cultivadas em Himachal Pradesh, Índia, e encontram 101 amostras contaminadas com ditiocarbamatos enquanto que 33 de 286, 20 de 246 e 9 de 97 amostras estavam contaminadas com o organoclorados, organofosfarados e carbamatos, respectivamente. Segundo Chamberlain et al. (1998), dodine é um fungicida sistêmico, logo é possível que possa bioconcentrar em frutas de maçãs e é um dos pesticidas recomendados pela FAO (2004) para monitoramento em alimentos de origem vegetal. Assim, no presente trabalho, a indicação dos pesticidas da PIM para monitoramento utilizando o valor do BCF, está em vários casos, de acordo com monitoramentos de pesticidas em maçãs realizados por meio de análise de resíduos de pesticidas em alimentos.

O modelo de Paraíba (2007) foi desenvolvido para estimar o BCF em frutas de pesticidas no solo. Vários dos pesticidas da Tabela 1 são utilizados em macieira por aplicação foliar, porém, em média, cinquenta e oito por cento do princípio ativo de um pesticida na superfície de folhas são lavados e precipitados no solo pela ação da chuva ou da irrigação (DAVIS et al., 1980). Assim, a estimativa do BCF utilizando

a Eq. 1 pode subestimar o valor do BCF de pesticidas que são aplicados nas folhas. Pois o modelo de Paraíba (2007) não considera a bioconcentração de pesticidas provenientes da translocação pelo floema da folha para as frutas.

O BCF dos poluentes orgânicos persistentes MTBE ($\log K_{ow} = 1,14$), benzeno ($\log K_{ow} = 2,02$), tolueno ($\log K_{ow} = 2,75$), tricloroeteno ($\log K_{ow} = 3,03$), naftaleno ($\log K_{ow} = 3,36$), fluoroanteno ($\log K_{ow} = 5,13$), benzeno[a]pireno ($\log K_{ow} = 6,13$) e 2,3,7,8-TCDD ($\log K_{ow} = 6,76$) deter-

minados em maçãs e apresentados em Trapp et al. (2003) estão na mesma ordem de grandeza dos valores de BCF de pesticidas em maçãs estimados neste trabalho.

A validação experimentalmente da Eq. 1 poderá fazer com que a mesma possa ser aceita como um indicador do risco de contaminação de frutas de plantas perenes por pesticidas e adicionaria conhecimentos técnicos sobre o comportamento de pesticidas no meio ambiente, além de atender a demanda de consumidores e pesquisadores por informações associadas à segurança alimentar.

Tabela 1. Classificação e características físico-químicas de 36 pesticidas da PIM (produção integrada de maçãs) utilizadas para determinar o BCF (fator de bioconcentração) em maçãs.

Pesticidas PIM	Função agronômica	Grupo químico	$\log K_{ow}$ *	t 1/2(solo) ⁺ (dias)	t 1/2(planta) ⁺ (dias)
abamectina	inseticida - acaricida	avermectina	4,48	28	5
bitertanol	fungicida	triazol	4,1	30**	3 [#]
carbaril	inseticida	carbamato	2,36	10	7
ciprodinil	fungicida	anilino piridina	4	60**	6 [#]
clorotalonil	fungicida	cloronitrila	3,05	30	10
cloropirifós	inseticida	organofosfato	4,96	30	3,3
diazinona	inseticida - acaricida	organofosfato	3,81	40	4
difenoconazol	fungicida	triazol	4,3	145	14,5
dodine	fungicida	guanidina	1,15	20	10
fenarimol	fungicida	pirimidina	3,6	360	30
fenitrotiona	inseticida	organofosfato	3,3	8	3
fenproxiimate	acaricida	pirazol	5,01	50**	5 [#]
fluazinam	fungicida	fenipiridinamina	3,56	62	6,2
fluquinconazol	fungicida	triazole	3,24	300**	30 [#]
golpete	fungicida	fitalimide	2,85	4,3**	0,43 [#]
imibenconazol	fungicida	triazol	4,94	28	2,8
kresoxim - metil	fungicida	oximinoacetato	3,4	3	0,3
malationa	inseticida - acaricida	organofosforado	2,36	3	1
mancozebe	fungicida	ditiocarbamato	1,33	70	10
malationa	inseticida - acaricida	organofosforado	2,2	7	3
metiram	fungicida	ditiocarbamato	0,3	20	7
miclobutanil	fungicida	triazol	2,94	66	6,6
fosmete	inseticida - acaricida	organofosforado	2,78	19	3
procloraz	fungicida	imidazol	4,1	120	0
pirazofós	fungicida	fosforotiolato	3,8	21	2,1
piridabeno	inseticida - acaricida	-	6,37	21	2,1
pirimetanil	fungicida	anilino pirimidina	2,84	54**	5,4
simazina	herbicida	1,3,5-triazina	2,18	60	5
spirodiclofem	acaricida	-	5,8	5,5**	0,55 [#]
tebuconazol	fungicida	triazol	3,7	28**	2,8 [#]
tebufenozida	inseticida	diacilhidrazina	4,25	66	6,6
tiofanato - metil	fungicida	benzimidazol	1,4	10	5
triadimefom	fungicida	triazol	2,77	26	8
triclorfom	inseticida	organofosforado	0,51	10	3
triflumizol	fungicida	imidazol	4,	14	5
triforina	fungicida	piperazina	2,2	21	5

*Dados obtidos em Tomlin (2000); #Valor obtido supondo que o tempo de meia-vida do pesticida na planta é 10% do tempo de meia-vida do pesticida no solo; +Dados obtidos em Davis et al., 1980; Willis et al., 1980; Willis & McDowell, 1987 ou em Hornsby et al., 1996, exceto (***) que foram obtidos em Tomlin (2000).

Tabela 2. Resultado da estimativa do BCF (fator de bioconcentração) de 36 pesticidas da PIM (produção integrada de maçãs) em maçãs, valor do TSCF (coeficiente de transpiração no fluxo do xilema), meia-vida dos pesticidas no sistema solo-planta ($t_{1/2}$ (solo-planta)) e coeficiente de partição tronco-água (K_{TW}).

Pesticidas do PIM (maçã)	BCF (L kg ⁻¹)	TSCF	K_{TW} (L kg ⁻¹)	$t_{1/2}$ (solo-planta) (dias)
dodine	1,1612	0,3730	3	9
mancozebe	0,9471	0,4447	4	5
carbaril	0,9320	0,7503	17	10
tiofanato-metil	0,8629	0,4730	4	4
triflumizol	0,7306	0,4730	4	3
metiram	0,4367	0,1158	1	5
triclorfom	0,3859	0,1629	1	2
triforina	0,3847	0,7301	13	3
fluquinconazol	0,3540	0,6114	60	14
simazina	0,3327	0,7266	13	2
metidationa	0,3144	0,7301	13	2
triadimefona	0,3046	0,7349	30	5
clorotalonil	0,2433	0,6724	45	6
fenarimol	0,1673	0,4730	101	14
miclobutanil	0,1505	0,7013	39	3
pirimetanil	0,1471	0,7229	33	3
fosmete	0,0982	0,7334	31	2
malation	0,0784	0,7503	17	1
procloraz	0,0602	0,2803	210	17
fenitrotiom	0,0504	0,5899	65	2
fluazinam	0,0411	0,4891	95	3
diazinona	0,0148	0,3887	137	2
difenoconazol	0,0144	0,2153	280	7
ciprodinil	0,0137	0,3161	181	3
tebuconazol	0,0135	0,4326	117	1
folpet	0,0120	0,7209	34	< 1
pirazofós	0,0080	0,3927	135	1
tebufenozide	0,0076	0,2307	261	3
bitertanol	0,0053	0,2803	210	1
abamectina	0,0033	0,1654	364	3
kresoxim-metil	0,0029	0,5523	76	< 1
fenpiroximate	0,0005	0,0658	788	2
clorpirifós	0,0004	0,0724	732	2
imibenconazol	0,0004	0,0752	711	1
spirodiclofem	0,0001	0,0111	2487	< 1
piridabem	0,0001	0,0023	5700	1

Referências

- ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R.; AMÂNCIO, A.V.; CORREA, R.M.L.; GUERCIO, M.A. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do Rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. *Química Nova*, v.28, n.6, p.975-982, 2005.
- BURKEN, J.G.; SCHNOOR, J.L. Predictive relationships for uptake of organic contaminants by hybrid poplar trees. *Environmental Science & Technology*, v.32, n.21, p.3379-3385, 1998.
- CALDAS, E.D.; MIRANDA, M.C.C.; CONCEIÇÃO, M.H.L.; DE SOUZA, C.K.R. Dithiocarbamates residues in Brazilian food and the potential risk for consumers. *Food and Chemical Toxicology*, v.42, p.1877-1883, 2004.
- CESNIK, H.B.; GREGORCIC, A.; BOLTA, S.V. Pesticide residues in agricultural products of slovene origin in 2005. *Acta Chimica Slovenica*, v.53, p.95-99, 2006.
- CHAMBERLAIN, K.; PATEL, S.; BROMILOW, R.H. Uptake by roots and translocation to shoots of two morpholine fungicides in barley. *Pesticide Science*, v.54, n.1, p.1-7, 1998.
- DAVIS, F.M.; LEONARD, R.A.; KNISEL, L.W.G. **GLEAMS User Manual, Version 1.8.55**. Tifton: USDA-ARS Southeast Watershed Research Laboratory, 1980. (SEWRL-030190FMD).
- DOGHEIM, S.M.; ALLA, S.A.G.; EL-MARSAFY, A.M.; FAHMY, S. Monitoring pesticide residues in Egyptian fruits and vegetables in 1995. *Journal of the AOAC International*, v.82, p.948-955, 1999.
- DUBEY, J.K.; NATH, A. Monitoring of apple for pesticide residue contamination - a survey report. *Acta Horticulturae*, v.696, p.441-447, 2005.
- EEC. Council Directive 91/414/EEC. Concerning the placing of plant protection products on the market. *Official Journal of the European Union*, 1991, 194p. Disponível em: < http://europa.eu.int/eur-lex/en/consleg/pdf/1991/en_1991L0414_do_001.pdf > . Acesso em: 2 jan. 2006.
- EU. **Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the European Union, Norway, Iceland and Liechtenstein**: 2001 Report. London: European Commission, Health and Consumer Protection Directorate - General Directorate F - Food and Veterinary Office, 2001.
- FAO. **Pesticide residues in food - 2003**. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues, Geneva, Switzerland, 15-24 September 2003. Geneva, 2004. 323p. (FAO Plant Production and Protection Papers, 176).
- FAO. **Pesticide residues in food - 2004**. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues Rome, Italy, 20-29 September 2004. Rome, 2005. 383p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 178).
- FUJISAWA, T.; ICHISE, K.; FUKUSHIMA, M.; KATAGI, T.; TAKIMOTO, Y. Improved uptake models of nonionized pesticides to foliage and seed of crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, p.532-537, 2002.
- GBLER, L. **Banco de informações ambientais e toxicológicas dos agrotóxicos utilizados até a safra de 2002/2003 na produção integrada de maçã**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica). Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/circular/> > .
- GIRARDI, C.L.; BENDER, R.J. **Produção integrada de maçãs no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/> > .
- HORNSBY, A.G.; DON WAUCHOPE, R.; HERNER, A.E. **Pesticide properties in the environment**. New York: Springer-Verlag, 1996.
- IUPAC. INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. Applied Chemistry Division. Commission on Agrochemicals. Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products: Technical report. *Pure and Applied Chemistry*, v.66, n.2, p.335-356, 1994.
- PARA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - Resultados analíticos de 2003**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2004. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/residuos/rel_anual_2004.pdf > .
- PARÁBA L.C. Pesticide bioconcentration modelling for fruit trees. *Chemosphere*, v. 66, p. 1468-1475, 2007.
- RIPLEY, B.D.; LISSEMORE, L.I.; LEISEMAN, P.D.; DENOMME, M.A. Pesticide residues on fruits and vegetables from Ontario, Canada, 1991-1995. *Journal of the AOAC International*, v.83, p.196-213, 2000.
- SHARMA, I.D.; NATH, A. Persistence of different pesticides in apple. *Acta Horticulturae*, v.696, p.437-440, 2005.

TOMLIN, C.D.S. **The Pesticide manual**. Farnham: British Crop Protection Council, 2000. CD-Rom.

TRAPP, S. Model for uptake of xenobiotics into plants. In: TRAPP, S.; MCFARLANE, J.C. (Ed.). **Plant contamination: modelling and simulation of organic chemical processes**. Boca Raton: CRC Press, 1995.

TRAPP, S.; MCFARLANE, J.C. **Plant contamination: modelling and simulation of organic chemical processes**. Boca Raton: CRC Press, 1995. 254p.

TRAPP, S.; MATTHIES, M. Genetic one-compartment model for uptake of organic chemicals by foliar vegetation. **Environmental Science and Technology**, v.29, p.2333-2338, 1995.

TRAPP, S.; MATTHIES, M. **Chemodynamics and environmental modelling**. Heidelberg: Springer, 1998. 285p.

TRAPP, S.; PUSSEMIER, L. Model calculation and measurements of uptake and translocation of carbamates by bean plants. **Chemosphere**, v.22, p.327-339, 1991.

TRAPP, S.; MIGLIORANZA, K.S.B.; MOSBAEK, H. Sorption of lipophilic organic compounds to wood and implications for their environmental fate. **Environmental Science and Technology**, v.35, n.8, p.1561-1566, 2001.

TRAPP, S.; RASMUSSEN, D.; SAMSØE-PETERSEN, L. Fruit tree model for uptake of organic compounds from soil. **Sar and Qsar in Environmental Research**, v.14, n.1, p.17-26, 2003.

WILLIS, G.H.; McDOWELL, L.L. Pesticide persistence on foliage. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v.100, p.23-73, 1987.

WILLIS, G.H.; SPENCER, W.F.; MCDOWELL, L.L. The interception of applied pesticides by foliage and their persistence and washoff potential. In: KNISEL, W.G. (Ed.). **CREAMS: A field scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Science and Education Administration: U. S. Government Printing Office, 1980. v.3, p.595-606. (Conservation Research Report, 26).

Comunicado Técnico, 42



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Endereço: Rodovia SP 340 km 127,5

Caixa Postal 69, Tanquinho Velho

13.820-000 Jaguariúna/SP

Fone: (19) 3867-8700

Fax: (19) 3867-8740

E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

1ª edição eletrônica

2006

Comitê de Publicações

Presidente: *Ladislau Araújo Skorupa.*

Secretário-Executivo: *Sandro Freitas Nunes.*

Bibliotecário: *Maria Amélia de Toledo Leme.*

Membros: *Cláudio César de A. Buschinelli, Heloisa Ferreira Filizola, Manoel Dornelas de Souza, Maria Conceição P. Young Pessoa, Marta Camargo de Assis, Osvaldo Cabral*

Expediente

Tratamento das ilustrações: *Silvana C. Teixeira Estevão*

Editoração eletrônica: *Silvana C. Teixeira Estevão*