

## MONITORAMENTO DOS RESÍDUOS DE CARBOFURANO EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO - TAUBATÉ, SÃO PAULO\*

**M.R.S. Moreira<sup>1</sup>, J.L.N. Mucci<sup>2</sup>, R.B. Abakerli<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental, CP 12.898, CEP 04010-970, São Paulo, SP, Brasil.

### RESUMO

Resíduos do inseticida-nematicida carbofurano e seu metabólito 3-hidroxicarbofurano, foram monitorados em amostras de água de tabuleiros de arroz irrigado, nas várzeas sistematizadas da cultura, na desembocadura e no Rio Paraíba do Sul. O inseticida e seu metabólito foram extraídos em cartuchos de octadecilsilano e analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência. O nível máximo de resíduos de carbofurano encontrado foi de 20,0 µg L<sup>-1</sup>. Até quarenta e 9 dias após a aplicação do inseticida foram observados resíduos na faixa de 1,0 µg L<sup>-1</sup>. O 3-hidroxicarbofurano não foi detectado em nenhuma das amostras analisadas. A persistência do carbofurano foi curta na água de tabuleiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teses acadêmicas, saúde ambiental, resíduos de pesticidas, carbofurano, *Oryzophagus oryzae* Lima, 1936.

### ABSTRACT

MONITORING OF CARBOFURAN RESIDUES IN A RICE-PRODUCING AREA - TAUBATÉ, SÃO PAULO. Carbofuran and 3-hydroxycarbofuran residues were monitored in water samples from paddy rice fields up to the outlet of water in the river Paraíba do Sul. The insecticide and its metabolite were extracted in C<sub>18</sub> solid-phase cartridges. The eluted compounds were analyzed by High Performance Liquid Chromatography and fluorescence detection. The maximum level of found carbofuran residues was 20.0 µg L<sup>-1</sup>. Carbofuran residues were detected until 49 days after the insecticide application at the level of 1.0 µg L<sup>-1</sup>. The metabolite 3-hydroxycarbofuran was not detected in any water sample. The persistence of carbofuran was relatively short in rice plots.

**KEY WORDS:** Dissertations academic, environmental health, pesticides residues, carbofuran, *Oryzophagus oryzae* Lima, 1936.

### INTRODUÇÃO

Em São Paulo, a cultura do arroz irrigado abrange uma área de 11.904 ha dos quais 10.344 ha encontram-se na Bacia do Rio Paraíba (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2004) cuja água é utilizada para o abastecimento da cidade de Taubaté.

Atualmente, com a crescente redução na disponibilidade de água potável para as atividades humanas, o monitoramento de agrotóxicos no solo e na água constitui um indicador importante para garantir que eles estejam sendo utilizados de

forma adequada e que não coloquem em risco as águas naturais.

Sementes melhoradas, adubos químicos, mecanização, agrotóxicos e águas são intensivamente utilizados na cultura do arroz irrigado (EPAGRI, 1997). Há interesse em conhecer os efeitos que podem ser causados ao homem e ao ambiente como resultado do uso de produtos químicos nas lavouras, principalmente, se estes atingirem os corpos d'água e alcançarem áreas muito além daquelas na qual foram aplicados. Áreas cultivadas com arroz irrigado têm sido alvo de especulações quanto aos efeitos deletérios desta cultura

\*Parte integrante da Dissertação de mestrado do Primeiro autor, intitulada "Impactos ao Ambiente e Riscos Potenciais à Saúde decorrentes do Uso de Carbofurano em Área de Produção de Arroz, Taubaté, São Paulo", apresentada ao Depto. de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, em 2001, para a obtenção do grau de Mestre, com a concessão de auxílio à Pesquisa pela FAPESP, Processo n. 2000/03319-8.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental, São Paulo, SP, Brasil.

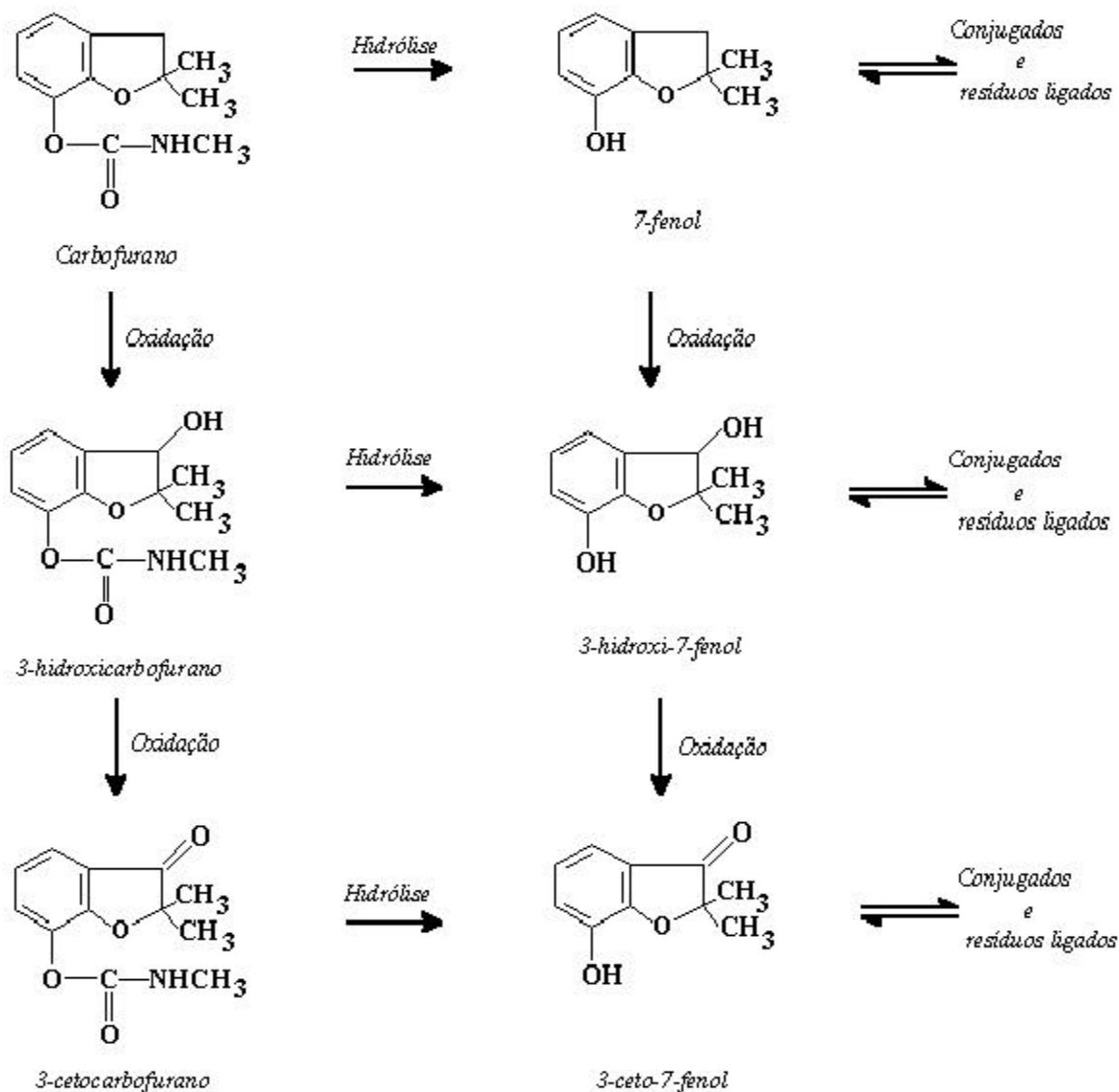
<sup>3</sup>EMBRAPA Meio Ambiente, Laboratório de Resíduos, Jaguariúna, SP, Brasil.

sobre a qualidade das águas superficiais (DEUEL *et al.*, 1979; JINHE *et al.*, 1989; JOHNSON & LAVY, 1995; LAVY *et al.*, 1996; MABURY *et al.*, 1996; TAYAPUTCH, 1998; TROTTER *et al.*, 1991).

Na cultura do arroz irrigado, a bicheira da raiz, atribuída às larvas do gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae*) é uma praga que inviabiliza a cultura (EPAGRI, 1997). Para o controle da bicheira da raiz a prática usual na Bacia do Rio Paraíba é a utilização de carbofurano. Este é um inseticida sistêmico, do grupo dos carbamatos, muito eficiente no controle de uma ampla gama de pragas agrícolas e que atua por contato ou após ingestão (FMC, 1977).

O comportamento ambiental de um pesticida pode ser estimado pelas suas características físico-químicas e pelos seus metabólitos ou produtos de degradação

formados. O carbofurano é um composto relativamente solúvel em água e é hidrolisado com facilidade em meio básico formando dióxido de carbono, 7-hidroxicarbofurano e metilamina. O principal metabólito do carbofurano tanto em plantas quanto por ação microbológica é um produto de oxidação, o 3-hidroxicarbofurano que também pode sofrer outras transformações e ser eliminado por exsudação ou sofrer conjugações (Esquema 1) (FMC, 1977). O uso na agricultura de produtos comerciais contendo carbofurano nas dosagens recomendadas fornecem níveis detectáveis desses metabólitos (FMC, 1977). JOHNSON & LAVY (1995), observaram que em tabuleiros de arroz do Arkansas, a meia vida de carbofurano em água foi de aproximadamente 3 dias e que 3-hidroxicarbofurano estava presente em 2% das amostras de água.



Esquema 1 - Degradação e metabolismo do carbofurano (FMC, 1977).

No ambiente, a permanência do carbofurano é controlada por processos de degradação que, dependendo do meio (solo, planta ou água), pode ser química ou biológica (FMC, 1977; TROTTER *et al.*, 1991). O carbofurano é altamente tóxico para peixes, pássaros e humanos, sendo a sua ingestão diária aceitável de 0 a 0,002 mg/kg/dia, o que estabelece o seu limite para um padrão de qualidade de água potável em  $7\mu\text{gL}^{-1}$  (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996). Embora, possa ser facilmente degradado, pode induzir efeitos deletérios a espécies não alvo, antes que ocorra uma dissipação ambiental.

Neste trabalho foi avaliada a distribuição de carbofurano em águas de irrigação provenientes de áreas de cultivo de arroz até a sua descarga no rio Paraíba do Sul, assim como a qualidade da água fornecida para abastecimento em Taubaté.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi feito numa propriedade agrícola do distrito de Quiririm, que apresenta como principal atividade econômica o cultivo de arroz irrigado, numa área de 230 ha. Quiririm faz parte do Município de Taubaté, que possui população rural de 14.297 e urbana de 229.810 habitantes, totalizando 244.107 pessoas (IBGE, 2000).

A marca comercial Ralzerã 50GR contendo 5% de carbofurano foi utilizada pelo produtor na dosagem de  $3,0\text{ kg ha}^{-1}$  correspondendo a  $0,150\text{ kg i.a. ha}^{-1}$ .

### Pontos de coleta de amostras

Foram coletadas amostras de água em 9 pontos previamente demarcados sendo as coletas efetuadas antes da utilização do inseticida, e mais 5 coletas subsequentes no intervalo de 5, 49, 71, 104 e 218 dias após o tratamento da cultura. Os pontos foram demarcados de forma a cobrir desde a área de cultivo até a descarga no Rio Paraíba do Sul onde é feita a captação de água para tratamento e abastecimento do município.

Ponto 1 - tabuleiro, com uma área de  $700\text{ m}^2$  e que recebeu aplicação do produto comercial. Ponto 2 - valeta mestra que é um canal aberto e sem revestimento com cerca de 1,5 a 2,0 m de largura X 2,0 m de profundidade, onde o nível de água varia conforme a época do ano e irrigação. Esta valeta drena no local de coleta aproximadamente 50 hectares de tabuleiros. Ponto 3 - dreno A que é um canal aberto e sem revestimento, de aproximadamente  $3,0 \times 3,0\text{ m}$  e recebe água de aproximadamente 200 hectares de tabuleiros pertencentes a três propriedades rurais. Ponto 4 - ponte do Chará situada à jusante do dreno A por onde passa água de aproximadamente 200 hectares de

tabuleiros, pertencentes a três propriedades rurais. Ponto 5 - Localizado 100 m à montante da desembocadura do dreno no Rio Paraíba do Sul, traz água de tabuleiros de várias propriedades rurais. Ponto 6 - desembocadura do dreno no Rio Paraíba do Sul que traz água de várias propriedades. Ponto 7 - demarcado 100 m à jusante da desembocadura do dreno no Rio Paraíba do Sul. Ponto 8 - entrada da Estação de Tratamento de Água (ETA) da SABESP em Taubaté. Ponto 9 - saída da ETA-SABESP em Taubaté destinada ao abastecimento da população da área industrial do município.

### Coleta das amostras

Adicionou-se num frasco de vidro âmbar 1,0 mL de solução preservativa de cloreto de mercúrio II ( $10,6\text{ mg mL}^{-1}$ , preparada com  $\text{HgCl}_2$  para análise, Reagentes Analíticos Dinâmica - Brasil) e em seguida coletou-se 1,0 L de água. As amostras foram coletadas a 0,5 m de profundidade, com exceção dos tabuleiros, onde a coleta foi o mais profundo possível dentro da lâmina d'água, isto é, aproximadamente 15 cm. Fechou-se o frasco de coleta e agitou-se vigorosamente por um minuto. As amostras foram transportadas e armazenadas refrigeradas a  $4^\circ\text{C}$  até a extração e análise.

### Análise de carbofurano e seu metabólito 3-hidroxycarbofurano em água.

As amostras de água foram previamente filtradas em membranas para filtração em sistema Millipore,  $0,45\mu\text{m}$  de poro, 4,7 mm de diâmetro em HA éster de celulose, para retirada de material particulado.

Antes da introdução das amostras no sistema de extração, cartuchos de extração em fase sólida C-18-500 mg, Varian foram ativados com 3,0 mL de acetonitrila grau HPLC (Mallinckrodt - Estados Unidos). Em seguida a fase sólida foi lavada com 3,0 mL de água deionizada. A seguir foram introduzidas alíquotas de 100 mL de água em cada cartucho. Os compostos adsorvidos foram eluídos com 3,0 mL de acetonitrila grau HPLC (Mallinckrodt - Estados Unidos). Após, as amostras foram concentradas até 0,9 mL sob fluxo suave de  $\text{N}_2$  e adicionado 1,1 mL de água deionizada para reconstituir a proporção da fase móvel (acetonitrila: água 45: 55). Após esta etapa as amostras foram filtradas em unidades filtrantes, acopladas a seringa, com membrana Durapore,  $45\mu\text{m}$  de poro, 13mm de diâmetro.

As amostras foram analisadas conforme KOK *et al.* (1992) por cromatografia líquida de alta eficiência. Foram injetados 50  $\mu\text{L}$  de cada amostra em cromatógrafo líquido Shimadzu, com processador Class- LC 10, equipado com amostrador automático

SIL-10 A, bombas de alta pressão LC-10AD para fazer a fase móvel migrar com boa velocidade na coluna, forno para coluna cromatográfica CTO-10A e forno para reação pós-coluna, detector de fluorescência RF-535, e bombas para reação pós coluna Eldex.

Os reagentes utilizados no cromatografo líquido com detecção por fluorescência foram: hidróxido de sódio grau analítico, VWR Scientific, Estados Unidos; o-ftaldialdeído grau analítico, Acros, Estados Unidos; 2-mercaptoetanol grau reagente, Merck, Alemanha; acetonitrila grau HPLC, Mallinckrodt, Estados Unidos. Utilizou-se na análise cromatográfica coluna de fase reversa, C18 Microsorb MV<sup>TM100Aa</sup> Varian 5 µm, tamanho 4,6 x 250 mm e fase móvel acetonitrila: água (45:55) a um fluxo de 1,0 mLmin<sup>-1</sup>, seguida de reação em pós coluna com orto-ftaldialdeído.

As concentrações nas amostras foram calculadas a partir das áreas de curvas de calibração construídas com pares de concentração x resposta de soluções de padrão de carbofurano e 3-hidroxicarbofurano (soluções preparadas com padrão analítico de carbofurano 99,7% de pureza e 3-hidroxicarbofurano 98,5% de pureza, Dr. Ehrenstorfer, Alemanha).

Para cada conjunto de amostras foram efetuadas simultaneamente análises com amostras de água fortificadas com carbofurano e 3-hidroxicarbofurano nas faixas de 4, 10 e 40 µg L<sup>-1</sup> como controle do método, cuja sensibilidade foi maior que 0,5 µg L<sup>-1</sup>. A recuperação média obtida para os compostos analisados foi de 92 ± 11% para o carbofurano e de 89 ± 16% para o 3-hidroxicarbofurano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano agrícola de 1999/2000 foi selecionado para o estudo na propriedade rural. Neste ano utilizou-se 0,150 kg de carbofurano.ha<sup>-1</sup>, em uma única aplicação, equivalente a 10,5 g de carbofurano por tabuleiro. Essa quantidade é cerca de cinco vezes menor que a recomendada pelo fabricante para o controle de pragas, no entanto, a prática usual na região é a utilização de sub-dosagens da ordem de 0,350 kg i.a.ha<sup>-1</sup>. Na área de estudo seria esperada uma concentração de carbofurano na água do tabuleiro de no máximo 100 µg L<sup>-1</sup>, já que a lâmina de água usada nos tabuleiros foi de aproximadamente 15 cm e a área do tabuleiro foi de 700 m<sup>2</sup>. Esta concentração seria encontrada na condição de distribuição homogênea do produto comercial no tabuleiro e sem considerar as perdas por processos de transporte, adsorção ao solo, absorção pela planta, volatilização e degradação.

As Tabelas 1 e 2 mostram o resultado das análises e a variação do pH, (pois quando o pH é básico favorece a degradação do inseticida) das amostras de água nos 9 pontos amostrados nas diferentes datas de coleta (setembro de 1999 à maio de 2000).

Os resultados sobre detecção de carbofurano na área estudada (Tabela 1) evidenciam que nas amostras de água coletadas em 6 de setembro de 1999, anteriormente à aplicação de carbofurano, não foram detectados resíduos de carbofurano e de seu metabólito 3-hidroxicarbofurano nos pontos amostrados que poderiam representar contaminação de plantios anteriores.

Tabela 1 - Concentração de carbofurano (µg L<sup>-1</sup>) em amostras de água provenientes de cultivo de arroz irrigado em Quiririm, do Rio Paraíba do Sul e de água bruta e tratada pela SABESP em Taubaté no período de setembro de 1999 a maio de 2000.

Pontos de coleta	Datas de coletas de água					
	Antes da aplicação <sup>1</sup> (set/ 99)	5 DAA <sup>2</sup> (out /99)	49 DAA <sup>2</sup> (nov /99)	71 DAA <sup>2</sup> (dez /99)	104 DAA <sup>2</sup> (jan/ 00)	218 DAA <sup>2</sup> (maio /00)
1 Tabuleiro	< 0,5	10,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	TS <sup>4</sup>
2 Valeta mestra	< 0,5	20,0	1,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5
3 Dreno A	< 0,5	20,0	1,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4 Ponte do Chará	< 0,5	19,0	0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5
5 Rio Paraíba do Sul montante do dreno	NC <sup>3</sup>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
6 Desembocadura do dreno	< 0,5	13,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
7 Rio Paraíba do Sul jusante do dreno	NC <sup>3</sup>	NC <sup>3</sup>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
8 ETA <sup>5</sup> Água bruta	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
9 ETA Água tratada	NC <sup>3</sup>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

<sup>1</sup>Antes da aplicação de Ralzer® (carbofurano 5%)

<sup>2</sup>DAA dias após aplicação

<sup>3</sup>NC Não coletado

<sup>4</sup>TS - Tabuleiro seco

<sup>5</sup>ETA Estação de tratamento de água(SABESP)

Tabela 2 - Variação do pH das amostras de água.

Pontos de coleta	Datas de coletas de água					
	(set/ 99)	(out /99)	(nov /99)	(dez /99)	(jan/ 00)	(maio /00)
1 Tabuleiro	6,56	7,41	7,97	8,64	7,38	TS <sup>1</sup>
2 Valeta mestra	7,28	6,97	8,70	7,89	7,39	7,35
3 Dreno A	6,60	6,87	8,33	7,44	7,69	7,53
4 Ponte do Chará	6,80	6,80	7,13	7,41	7,47	7,38
5 Rio Paraíba do Sul montante do dreno	NC <sup>2</sup>	6,75	7,82	7,25	7,56	7,55
6 Desembocadura do dreno	6,80	6,58	7,67	7,30	7,32	7,31
7 Rio Paraíba do Sul jusante do dreno	NC <sup>2</sup>	NC <sup>2</sup>	7,86	7,29	8,06	7,18
8 ETA Água bruta	6,55	7,00	7,74	7,44	7,6	8,2
9 ETA Água tratada	NC <sup>2</sup>	6,43	5,32	5,08	8,2	7,46

<sup>1</sup>TS tabuleiro seco

<sup>2</sup>NC não coletada

Sabe-se que a concentração de pesticidas na água e no solo de tabuleiro muda rapidamente durante as primeiras 24 horas após a aplicação do produto, devido à solubilização dos grânulos no sistema aquoso. Estas condições resultam em dados altamente variáveis em coletas de até um dia após a aplicação (JOHNSON & LAVY, 1995). Por esta razão, a primeira coleta foi feita no 5º dia após a aplicação (DAA) do inseticida.

Na coleta realizada em 4 de outubro de 1999, ou seja 5 DAA de Ralzerá 50GR, quando a cultura se encontrava com 30 dias pós-plantio, juntamente com a adubação de cobertura, foram detectados níveis de resíduos da ordem de 10 a 20 mg L<sup>-1</sup> de carbofurano na água em todos os pontos amostrados dentro da área agrícola até a desembocadura no Rio Paraíba do Sul. Apesar da concentração de carbofurano na desembocadura no rio ter sido da ordem de 14 mg L<sup>-1</sup> este não foi detectado na água bruta do rio Paraíba do Sul coletada a alguns quilômetros à jusante.

Na coleta realizada 49 DAA, na desembocadura do dreno no Rio Paraíba já não foi detectado resíduo de carbofurano ou de seu metabólito na amostra. Os níveis um pouco mais baixos de contaminação detectados próximo aos tabuleiros e na desembocadura do rio sugerem que efeitos de absorção do inseticida pelas plantas na área do tabuleiro e de diluição na desembocadura no rio podem ter acontecido. Aos 49 DAA, os níveis de carbofurano foram bastantes menores, da ordem de 1,0 mg L<sup>-1</sup> ou menores que a sensibilidade do método utilizado, indicando que a dissipação do carbofurano das águas ocorre entre os 49 e 71 DAA. Na área de tabuleiro já não foram observados resíduos aos 49 DAA, concordando com o relatado na literatura por JOHNSON & LAVY (1995) que observaram que a dissipação de carbofurano do tabuleiro de arroz é rápida.

A meia vida do carbofurano em água a 22º C é altamente dependente do pH podendo ser de 1 ano a pH 4,0 até 31 horas a pH 9,0. Em pH 7,0 a meia vida

é em torno de 121 dias (TOMLIN, 2000). O pH é portanto um parâmetro importante a ser considerado quando se avalia a permanência de resíduos de carbofurano em águas superficiais.

A hidrólise é primariamente química, colaborando na degradação de carbofurano em meio alcalino, porém, isto não foi observado na maioria dos pontos amostrados, com exceção do tabuleiro e valeta mestra nas coletas de amostras aos 49 e 71 DAA, onde pode ter havido alguma influência do pH.

No entanto, a degradação hidrolítica nas águas naturais ainda pode ser afetada por variações nas concentrações de sais naturais, que produzem um efeito tampão, tornando a hidrólise mais lenta. Assim, águas naturais com valores de pH entre 9,5 e 8,2 ainda podem exibir quantidades razoáveis de carbofurano dentro dos primeiros 10 dias seguindo uma aplicação em campo (ERICKSON, 1977 citado por TROTTER *et al.*, 1991). Em tabuleiro de arroz com valores de pH da água entre 6,0 a 6,5 o carbofurano foi degradado em 4 dias a uma razão menor que 3,6% da dosagem inicial aplicada (DEUEL *et al.*, 1979). A temperatura também é um fator que influencia na velocidade da hidrólise, contribuindo com um aumento de 35% para cada grau centígrado acima da temperatura ambiente (TROTTER *et al.*, 1991).

Além da degradação hidrolítica, processos de volatilização e fotoquímicos podem contribuir para o desaparecimento de agrotóxicos. A pressão de vapor do carbofurano é de 7,2 x 10<sup>-2</sup> mPa (25º C), indicando que a sua volatilização é insignificante, permanecendo, portanto, na água (TOMLIN, 2000). Porém, a degradação fotoquímica do carbofurano tem sido demonstrada como possibilidade de dissipação (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996). Entretanto, este trabalho não detectou seu principal metabólito, o 3-hidroxicarbofurano.

No Brasil não são estabelecidos limites máximos de concentração de carbofurano quer para água potável quer para a proteção da vida aquática. A Organização

Mundial de Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996) estabelece em 7,0 µg L<sup>-1</sup> como padrão de tolerância para água potável. Nas amostras coletadas na ETA antes e depois do tratamento não foram observados resíduos de carbofurano. Para a proteção da vida aquática, no entanto, existe uma probabilidade de risco, uma vez que até o 5º DAA foram observados na desembocadura do rio níveis positivos de carbofurano provenientes da área de cultivo.

## CONCLUSÕES

Considerada a prática agrícola na região monitorada, não foi observada a presença de carbofurano na água do Rio Paraíba do Sul. A ocorrência do inseticida foi limitada à área agrícola e foi transitória, pois o carbofurano não foi detectado na água proveniente das lavouras após 70 dias. Desta forma, de acordo com a prática agrícola em uso na região, não detectou-se comprometimento da qualidade da água captada para o abastecimento da região. Os níveis observados, no entanto, foram inferiores a aqueles estabelecidos para a proteção da vida aquática.

## AGRADECIMENTOS

À pesquisadora Teresa Jocys pela sugestão do tema, à FAPESP pela concessão de auxílio à pesquisa e à técnica Lourdes Silvestre de Souza da Embrapa Meio Ambiente pela colaboração na área técnica, principalmente em cromatografia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEUEL, L.E.; PRICE JUNIOR., J.D.; TURNER, F.T.; BROWN, K.W. Persistence of carbofuran and its metabolites 3-keto and 3-hydroxycarbofuran under flooded rice culture. *J. Environ. Qual.*, v.8, n.1, p.23-26, 1979.

- EPAGRI. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Itajaí: EPAGRI/EMBRAPA-CPACT/IRGA, 1997. 80 p.
- FMC. *Carbofuran data summary*. Philadelphia: FMC Corporation, 1977. 97 p.
- IBGE. *Censo demográfico 2000: resultados preliminares - São Paulo*. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/censo/default.php](http://www.ibge.gov.br/censo/default.php)> Acesso em: 18 jan. 2001.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Disponível em: [www.iea.sp.gov.br](http://www.iea.sp.gov.br) Acesso em: 22 fev. 2004.
- JINHE, S.; JIANYING, G.; ZIYUAN, C. Fate of carbofuran in model rice/fish ecosystems. *Pestic. Sci.*, v.26, n.1, p.147-157, 1989.
- JOHNSON, W.G. & LAVY, T.L. Persistence of carbofuran and molinate in flooded rice culture. *J. Environ. Qual.*, v.24, n.3, p. 487-493, 1995.
- KOK, A.; HIEMSTRA, M.; BRINKMAN, U. A.Th. Low ng/l - level determination of twenty N-methylcarbamate pesticides and twelve of their polar metabolites in surface water via off-line solid phase extraction and high-performance liquid chromatography with post-column reaction and fluorescence detection. *J. Chromatogr.*, v.623, p.265-276, 1992.
- LAVY, T.L.; DEWELL, R.A.; NORMAN, R.J.; SKULMAN, B.W. *Environmental implications of pesticides in rice production*. Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 1996. p.112-116. (Arkansas Agricultural Experiment Station. Research Series, 456).
- MABURY, S.A.; COX, J.S.; CROSBY D.G. Environmental fate of rice pesticides in Califórnia. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, v.147, p.71-117, 1996.
- TAYAPUTCH, N. *Pesticide use and dissipation in paddy rice in Thailand*. Canberra: ACIAR, 1998. p. 136-139. (ACIAR. Proceedings Series, 85).
- TOMLIN, C.D.S. *The pesticide manual*. 12.ed. Farnham: The British Crop Protection Council, 2000.
- TROTTER, D.M.; KENT, R.A.; WONG, M.P. Aquatic fate and effect of Carbofuran. *Crit. Rev. Environ. Control*, v.21, n.2, p.137-176, 1991.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality*. 2.ed. Geneva: 1996. v.2. Health criteria and other supporting information. p. 940-946.

Recebido em 23/3/04

Aceito em 16/4/04