

**Implicações Potenciais na Qualidade das
Águas Subterrâneas das Atividades
Agrícolas na Região Metropolitana de
Campinas, SP**

República Federativa do Brasil

Luis Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral

Geraldo Stachetti Rodrigues

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz

Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiari Junior

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios



ISSN 1516-4675

Outubro, 2004

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 25

Implicações Potenciais na Qualidade das Águas Subterrâneas das Ativi- dades Agrícolas na Região Metropo- litana de Campinas, SP

Alfredo José Barreto Luiz
Marcos Corrêa Neves
José Flávio Dynia

Jaguariúna, SP
2004

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 - Cep.13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750
Fax: (19) 3867-8740
www.cnpma.embrapa.br
sac@cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Geraldo Stachetti Rodrigues

Secretário-Executivo: Maria Amélia de Toledo Leme

Secretário: Sandro Freitas Nunes

Membros: Marcelo A. Boechat Morandi, Maria Lúcia Saito, José
Maria Guzman Ferraz, Manoel Dornelas de Souza,
Heloisia Ferreira Filizola, Cláudio Cesar de A.
Buschinelli

Normalização Bibliográfica: Maria Amélia de Toledo Leme

Foto(s) da capa:

Tratamento de ilustrações: Alexandre Rita da Conceição

Editoração eletrônica: Alexandre Rita da Conceição

1ª edição

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Luiz, Alfredo José Barreto.

Implicações potenciais na qualidade das águas subterrâneas das atividades agrícolas na região metropolitana de Campinas, SP / Alfredo José Barreto Luiz, Marcos Corrêa Neves, José Flávio Dynia. - Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2004.

33 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio Ambiente, ISSN 1516-4675; 25)

1. Água subterrânea. 2. Água contaminação. I. Neves, Marcos Corrêa. II. Dynia, José Flávio. III. Título. IV. Série.

CDD 533.79

© Embrapa 2004

Sumário

Resumo	6
Abstracts	7
Introdução	8
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	18
Conclusão	28
Referências	30

Implicações Potenciais na Qualidade das Águas Subterrâneas das Atividades Agrícolas na Região Metropolitana de Campinas, SP

Alfredo José Barreto Luiz¹

Marcos Corrêa Neves²

José Flávio Dynia³

Resumo

Visando identificar as áreas de risco de contaminação de águas subterrâneas devido às atividades agrícolas na Região Metropolitana de Campinas (RMC), efetuou-se o levantamento das quantidades e doses de fertilizantes e agrotóxicos aplicadas nas lavouras cultivadas nos municípios que compõem esta região. Com base em dados secundários relativos às características dos principais tipos de insumos aplicados, foi avaliado o potencial de risco em cada município. Ao final indicam-se as combinações de produtos, culturas e municípios mais susceptíveis de apresentarem problemas de contaminação daquelas águas.

¹Engenheiro Agrônomo, Dr. em Sensoriamento Remoto, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 Cx. Postal 69 - Jaguariuna, SP. alfredo.luiz@embrapa.br

²Engenheiro Eletricista, Dr. em Sensoriamento Remoto, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 - Cx. Postal 69 - Jaguariuna, SP. marcos@cnpma.embrapa.br

³Engenheiro Agrônomo, Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 - Cx. Postal 69 - Jaguariuna, SP. dynia@cnpma.embrapa.br

Agricultural Activities Potential Implications on Groundwater Quality in Campinas Metropolitan Region, São Paulo

Abstract

In order to identify the areas with a contamination hazard for underground water due to agricultural activities in Campinas Metropolitan Region (RMC - Região Metropolitana de Campinas), a survey was conducted to determine amounts and doses of fertilizers and agrochemicals applied to crops cultivated in the municipalities within the focused region. Based on secondary data relating to the characteristics of the main types of inputs applied, a hazard potential for each municipality was estimated. Finally, indications are made as to which combinations of products, crops and counties are more prone to developing problems related to underground water pollution.

Introdução

O Estado de São Paulo utiliza água subterrânea no abastecimento total ou parcial em 561 núcleos urbanos, o que representa 60% dos 924 núcleos existentes (CETESB, 1996). Preocupado com a proteção da qualidade deste importante recurso para o abastecimento público de água potável, o Estado está desenvolvendo, através da CETESB (*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*), em parceria com o IG (*Instituto Geológico*), DAEE (*Departamento de Águas e Energia Elétrica*) e Embrapa Meio Ambiente, um projeto de mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas (Dantas et al., 1997). Em uma primeira etapa foram identificadas grandes áreas críticas (São Paulo, 1997) e a partir daí foi iniciado um estudo mais detalhado delas, começando pela RMC, em função do seu intenso processo de desenvolvimento e industrialização.

Um dos objetivos na atual fase do projeto é levantar e classificar as fontes potenciais de poluição, entre elas a atividade agropecuária. O presente trabalho contém dados relativos a esta atividade no que diz respeito ao uso de agrotóxicos e fertilizantes. Segundo documento da OECD (Organisation, 1997), estes insumos tem contribuído para aumentar a produtividade agrícola e a qualidade dos produtos mas, uma vez no ambiente, podem causar diversos danos, entre eles o de comprometer a qualidade da água potável.

O enfoque nestes dois tipos de insumos se justifica também pois, conforme afirmam Ferreira e Tsunehiro (1998), o Brasil consome em média 1,27 kg de ingrediente ativo de agrotóxicos por hectare de área tratada, ocupando o oitavo lugar em âmbito mundial. Os mesmos autores mostram que São Paulo também foi a unidade da federação que mais consumiu estes produtos em 1996, ficando com 28,3% do total das vendas efetuadas no país, esclarecendo que isso se explica pela participação deste Estado na área plantada de culturas grandes consumidoras destes insumos, como a cana-de-açúcar, café e citros. A diversificação da agricultura paulista quanto às atividades desenvolvidas, tecnologias adotadas e padrões sócio-econômicos, também é citada por Otani et al. (1998) que, utilizando algumas das mesmas fontes de dados deste trabalho, descreveram o perfil agropecuário da região abrangida pelo Escritório de Desenvolvimento Regional (EDR) de Limeira, SP. Já quanto ao uso de fertilizantes, onde o Brasil é o quinto maior consumidor em termos de NPK total, participando com 3,3% do mercado mundial desses produtos, o quadro nacional se repete, sendo que

29,3% de todo o nitrogênio, 19,0% do fósforo e 24,6% do potássio entregues ao consumidor final no país são destinados à agricultura paulista (Anuário, 1997b).

Um indicativo do nível tecnológico médio da agricultura de uma região, além do uso de insumos, é a sua produtividade (produção por área) e, também por esse aspecto, este setor da economia paulista se destaca, pois, para obter a produção de mais de 50% do total brasileiro para algumas das principais culturas (Tabela 1), São Paulo ocupa apenas 12,6% da área nacional destinada às mesmas (Tabela 3) (Anuário, 1997a).

Tabela 1. Produção das principais lavouras em São Paulo e no Brasil - 1995/1996.

Lavouras	Produção		
	Brasil (t)	São Paulo (t)	SP/BR (%)
Algodão	814.188	150.967	18,5
Amendoim	66.638	49.542	74,3
Arroz	8.047.638	57.861	0,7
Banana ¹	293.179	38.579	13,2
Batata	1.800.239	343.076	19,1
Café	2.825.645	340.937	12,1
Cana-de-açúcar	259.804.818	153.768.067	59,2
Feijão	2.063.120	173.976	8,4
Laranja ²	78.139.782	66.309.833	84,9
Mandioca	9.098.871	207.764	2,3
Milho	25.509.516	2.730.324	10,7
Soja	21.588.193	850.480	3,9
Tomate	1.630.773	407.714	25,0
Trigo	1.433.116	21.295	1,5
Uva	274.212	154.730	56,4
Total	413.389.928	225.605.145	54,6

(¹) produção em mil cachos

(²) produção em mil frutos

Na RMC, devido à intensa atividade agrícola desenvolvida na maioria dos seus dezoito municípios, é plausível a existência de potencial de contaminação de águas devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. A implantação de um programa de monitoramento e avaliação da qualidade das águas subterrâneas na região requer a identificação das áreas de maior risco de contaminação por estes insumos agrícolas.

Foi com relação a estes cenários que se avaliou a atividade agropecuária na RMC, visando fornecer subsídios que permitissem a sua classificação quanto ao risco potencial que oferece como fonte dispersa de poluição das águas subterrâneas.

Material e Métodos

A área de estudo é composta pelos municípios de Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo (Fig. 1). A região definida como RMC tem uma área total de 3.331,3 km², está localizada entre os paralelos de 22° 45' e 23° 45' de latitude sul e os meridianos de 46° 45' e 47° 45' de longitude oeste de Greenwich, tem alta densidade populacional, ficando a média acima de 600 habitantes por km² (Tabela 2), sendo a taxa de urbanização igual a 96,2%. Comparativamente, o Brasil tem uma densidade populacional média de 18,4 habitantes por km² e no Estado de São Paulo ela é de 133,1 habitantes por km², ficando a taxa de urbanização em 78,4% e 95,9%, respectivamente (IBGE, 1998). Os solos predominantes na região são os latossolos. O clima é classificado na Unidade Climática Tropical Brasil Central, Subquente, Úmido, com de 1 a 3 meses secos (Anuário, 1997a). A temperatura média anual é de 20,6° C e a precipitação pluviométrica é de 1.365 mm anuais para Campinas (São Paulo, 1974), que é um município situado numa posição central da RMC e ocupando cerca de 25% da área total da mesma. Estes valores são muito próximos aos registrados para São Paulo e São Carlos nas Normais Climatológicas (Brasil, 1992), dois municípios com latitude, longitude e altitude semelhantes às observadas na RMC.

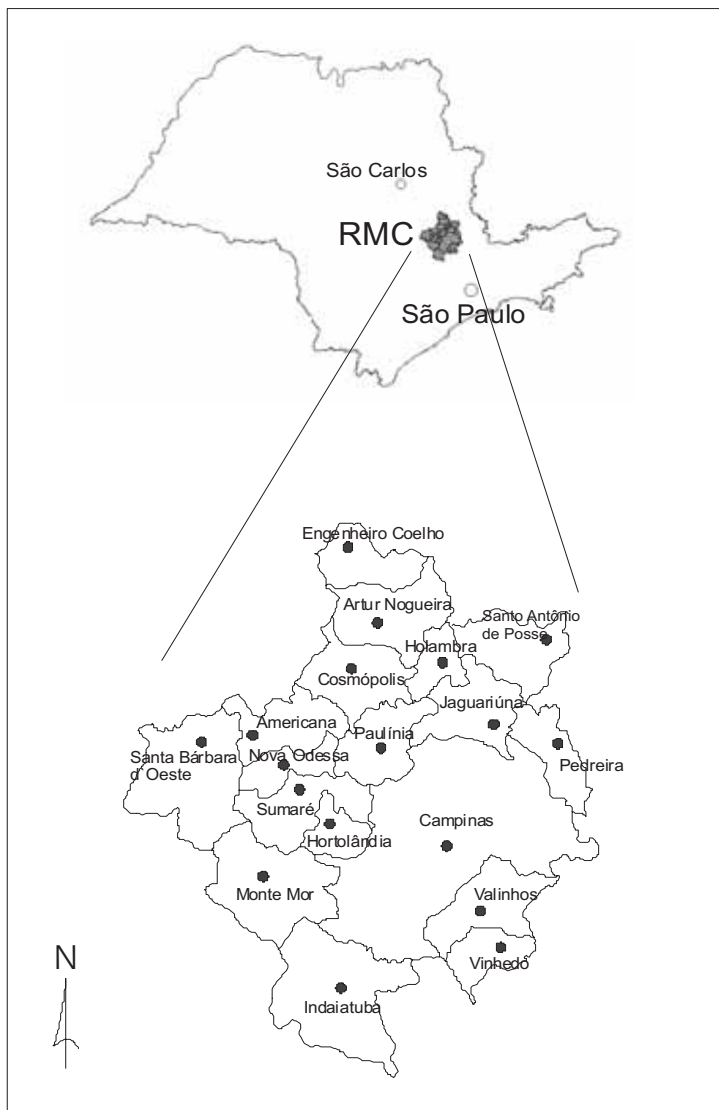


Fig. 1. Localização da Região de Campinas - RMC

Tabela 2. População, área e densidade populacional, estimados pelo IBGE em 1998 e altitude média dos municípios da RMC.

Município	Habitantes (hab)	Área (km ²)	Densidade (hab/km ²)	Altitude (m) ¹
Americana	167.945	133,9	1.254,3	560
Artur Nogueira	26.019	178,2	146,0	650
Campinas	908.906	797,6	1.139,6	680
Cosmópolis	39.880	155,1	257,1	585
Engenheiro Coelho	8.736	110,1	79,3	-
Holambra	6.653	64,4	103,3	-
Hortolândia	115.720	62,4	1.854,5	-
Indaiatuba	121.906	311,3	391,6	640
Jaguariúna	25.399	142,8	177,9	580
Monte Mor	30.849	241,4	127,8	560
Nova Odessa	37.424	73,5	509,2	560
Paulínia	44.431	139,7	318,0	620
Pedreira	31.190	110	283,5	600
Santa Bárbara d'Oeste	161.060	272,2	591,7	560
Santo Antônio de Posse	14.897	154,5	96,4	670
Sumaré	168.058	153,4	1.095,6	580
Valinhos	74.608	148,9	501,1	660
Vinhedo	38.625	81,9	471,6	720
Estado de São Paulo	33.119.110	248808,8		-
Brasil	157.070.163	8544415,7		-
RMC	2.022.306	3.331,3	607,1	560 a 720

(¹) obtido do Anuário Estatístico do Estado de São Paulo (Anuário, 1992)

A RMC ocupa 1,34% da área do Estado de São Paulo e representa 2,0% da área cultivada no mesmo (Tabela 3). A maioria dos seus municípios pertencem à região de abrangência do EDR de Campinas, que foi a região com o quinto maior valor da produção agropecuária entre os 20 EDR's do estado em 1995-1996 (Censo, 1998).

Tabela 3. Área das principais lavouras na RMC, em São Paulo e no Brasil - 1995/1996.

Lavouras	Área (ha)				
	Brasil	São Paulo	SP/BR (%)	RMC	RMC/SP(%)
Algodão	619.627	91.315	14,7	769,6	0,8
Amendoim	44.639	28.701	64,3	1,3	0,0
Arroz	2.976.821	33.243	1,1	401,4	1,2
Banana	412.428	41.602	10,1	468,2	1,1
Batata	140.618	17.782	12,6	899,9	5,1
Café	1.801.346	214.733	11,9	2.644,5	1,2
Cana-de-açúcar	4.216.329	2.124.499	50,4	50.746,9	2,4
Feijão	4.084.478	151.107	3,7	1.667,8	1,1
Laranja	946.783	718.915	75,9	17.216,8	2,4
Mandioca	1.232.962	19.409	1,6	1245	6,4
Milho	10.600.942	851.764	8,0	14.714,3	1,7
Soja	9.488.070	396.615	4,2	496,9	0,1
Tomate	87.763	22524	25,7	914,1	4,1
Trigo	893.555	11001	1,2	87,0	0,8
Uva	21.729	10302	47,4	1.655,3	16,1
Total	37.568.090	4.733.512	12,6	93.929,0	2,0

Com relação aos nutrientes, as áreas de risco foram definidas a partir da estimativa da carga aplicada por município e por cultura na região, utilizando-se como fontes de informações a) uma base de dados da *Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada - CATI* (CATI, 1998) contendo informações sobre área plantada, por cultura, nos dezoito municípios, e b) as recomendações oficiais de adubação de culturas para o Estado de São Paulo (Rajj et al., 1996).

Com exceção de cana-de-açúcar, milho e citros, que ocupam áreas muito expressivas e foram consideradas isoladamente, as culturas plantadas na região foram agrupadas nas seguintes categorias: fruteiras, cereais, hortaliças, pastagens e capineiras, espécies florestais, outras culturas. Os dados usados para a composição destes grupos foram retirados da base de dados da CATI. É oportuno ressaltar que, segundo Vicente (1998), os dados do Projeto Lupa tendem a superestimar a área de algumas das principais culturas em relação aos dados do Censo Agropecuário (Censo, 1998).

Na Tabela 4 constam as áreas ocupadas com as diferentes culturas nos municípios da região de Campinas. Verifica-se a predominância da cultura de cana-de-açúcar no município de Santa Bárbara d'Oeste (17.349 ha), pastagens e capineiras no município de Campinas (8.045 ha), citros em Artur Nogueira e Engenheiro Coelho (6.060 e 5.236 ha), milho em Monte Mor (4.088 ha), espécies florestais em Campinas (4.015 ha), fruteiras em Indaiatuba e Valinhos (1.400 e 1.030 ha), hortaliças em Campinas e Hortolândia (1.376 e 1.514 ha), cereais em Holambra, Indaiatuba e Monte Mor (292, 254 e 225 ha).

Tabela 4. Área plantada com culturas ou grupo de culturas, por município da RMC, em hectares.

Municípios	Cana-de-açúcar	Pastos e capins	Citros	Milho	Outras culturas	Espécies florestais	Fruteiras	Hortaliças	Cereais	Total
Americana	981	360	119	76	35	67	8	26	6	1.678
Artur Nogueira	2.258	991	6.061	858	290	37	106	93	43	10.737
Campinas	2.539	8.045	129	1.638	1.696	4.015	904	1.376	181	20.524
Cosmópolis	5.913	512	1.233	603	112	66	56	73	24	8.591
Engenheiro Coelho	643	165	5.236	753	456	8	150	80	61	7.552
Holambra	92	314	1.553	712	1.022	60	58	40	293	4.143
Hortolândia	490	601	32	364	347	183	37	1.514	3	3.569
Indaiatuba	2.762	8.133	59	1.370	1.145	679	1.401	226	254	16.028
Jaguariúna	2.800	5.598	1.270	576	98	159	198	25	23	10.747
Monte Mor	5.008	6.767	45	4.089	1.147	372	52	357	225	18.061
Nova Odessa	2.145	954	141	316	68	123	34	35	27	3.844
Paulínia	3.039	58	892	249	703	55	393	286	27	5.700
Pedreira	36	3.517	133	171	224	732	32	3	0	4.849
Santa Bárbara d'Oeste	17.349	368	144	330	78	101	3	44	23	18.439
Santo Antônio de Posse	2.565	2.093	1.642	1.497	1.543	61	583	613	44	10.641
Sumaré	2.124	1.478	48	438	142	39	72	357	3	4.699
Valinhos	5	1.189	23	207	197	325	1.031	62	0	3.039
Vinhedo	1	1.848	52	468	318	801	260	138	29	3.915
Total	50.750	42.991	18.812	14.715	9.621	7.883	5.378	5.348	1.266	156.756

Para o cálculo da carga de nutrientes aplicados, consideraram-se as quantidades dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), recomendadas sob a forma de adubos minerais. Descartaram-se as recomendações de adubos orgânicos devido à variabilidade na composição desses materiais, sua baixa participação como fonte de N, P e K em relação aos adubos minerais e à grande margem de incerteza de seu uso por parte dos agricultores.

As recomendações de adubação para diversas culturas, principalmente as perenes, contidas no Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1996), são feitas com base no estágio de desenvolvimento das mesmas, e as doses recomendadas de cada nutriente são diferentes para cada estágio. Como a base de dados da CATI fornece apenas informação sobre as áreas totais ocupadas por cada cultura, não discriminadas por estágio de desenvolvimento, considerou-se nesses casos a premissa de que as culturas estivessem no estágio de produção em toda a área por elas ocupada. As recomendações de adubação variam ainda com o resultado da análise do solo e com a produtividade esperada (no caso de P e K) e com a classe de resposta esperada (no caso do N em cobertura). Como tais fatores variam de propriedade para propriedade, pois derivam de características intrínsecas do solo e do seu histórico de uso, o cálculo da carga dos nutrientes utilizou as médias das recomendações com base naqueles fatores.

Finalmente, deve-se fazer a ressalva que as recomendações de adubação usadas neste trabalho para estimar a carga de nutrientes não constituem uma base de dados, não se podendo assegurar que os nutrientes recomendados tivessem sido efetivamente aplicados às áreas de solos ocupadas com agricultura na região. Portanto, os números apresentados devem ser considerados como carga presumida de nutrientes e não como carga efetivamente aplicada.

No caso dos agrotóxicos, devido aos interesses comerciais envolvidos e a grande quantidade de fabricantes e marcas no mercado, não existe no Brasil uma série histórica completa, muito menos referenciada espacialmente, sobre o consumo destes produtos. Nos Censos e Anuários do IBGE, os dados aparecem agrupados por estado ou mesmo por país e por grupo de produtos (fungicida, herbicida e inseticida) e, mais recentemente, nem a quantidade de princípio ativo comercializada no ano é divulgada, tendo sido substituída pelo seu valor em dólares. Este não é um problema específico do nosso país, pois a OECD, em publicação sobre indicadores ambientais para a agricultura afirma que os dados sobre uso de agrotóxicos, embora estejam disponíveis para diversos países em toneladas de ingrediente ativo total, muitas vezes têm as séries incompletas, não há identificação do uso por cultura específica e quase nunca são espacialmente referenciados (Organisation, 1997).

Para a estimativa da carga dos agrotóxicos usados na região metropolitana de Campinas, foi utilizada uma base de dados referente ao Receituário Agrônomo no Estado de São Paulo. Esta base é um resultado do convênio estabelecido

entre a Embrapa Meio Ambiente e o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de São Paulo - CREA-SP (Empresa, 1993) em que foram sistematizados os dados das receitas agrônomicas do Estado para os anos de 1993, 1994 e 1995, totalizando mais de 1.300.000 registros, correspondentes a um igual número de receitas. O processo de coleta e entrada desses dados, bem como os problemas inerentes ao processo, são pormenorizados em Neves et al. (1996) e detalhes do programa estão em Paiva (1992). Luiz et al. (1997) apresentam um exemplo de utilização do mesmo, no qual estimam o uso de agrotóxicos em cinco municípios das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, no ano de 1994. Para o trabalho agora realizado, foram utilizados dados do ano de 1995 e referentes exclusivamente aos 18 municípios que compõe a região metropolitana de Campinas. Isto resultou em um subconjunto dos dados com 15.157 registros. Deve ficar claro que as informações contidas nesta base referem-se tão somente ao que foi receitado e não ao que foi efetivamente aplicado mas, conforme os argumentos apresentados no parágrafo anterior, não há outra fonte disponível para a obtenção do valor real. Espera-se que, como o número de receitas é elevado, o perfil de uso identificado guarde semelhança com a realidade.

Chama-se ainda a atenção para a possibilidade de que os produtos associados às receitas emitidas para um determinado município da região estudada sejam, na realidade, utilizados em outro local. Isso pode acontecer, por exemplo, com agricultores que possuem várias áreas de produção e fazem as compras em nome de uma única propriedade. Mas, como o inverso pode acontecer com a mesma probabilidade, ou seja, que produtos adquiridos em municípios fora da área de estudo sejam aplicados dentro dela, na média espera-se que haja uma boa representatividade do perfil de aplicação dos agroquímicos.

Para a análise destes dados, foi desenvolvido um aplicativo ACCESS contendo quatro tabelas básicas com as informações das receitas, dos agrotóxicos, das culturas e dos municípios. Na tabela referente às receitas agrônomicas constavam os seguintes dados: nome do produto comercial; quantidade (em litros ou quilogramas); cultura a qual se destinava; município onde se encontra a propriedade; data da emissão; e outras informações referentes a identificação da própria receita. As demais tabelas, continham as informações complementares sobre os produtos, culturas e municípios. Para que as estimativas finais fossem apresentadas por ingrediente ativo (IA), o valor referente a quantidade do agrotóxicos descrito nos dados das receitas foi transformado para o valor correspondente à quantidade de IA

na fórmula, conforme consta no Compêndio (1996). Os dados necessários para tal conversão foram armazenados na tabela referente aos produtos.

Para se obterem as estimativas de densidade de uso (kg/ha) por município, combinaram-se os resultados das estimativas absolutas com dados de área das culturas no mesmo ano, levantados pela CATI (LUPA).

Para os IA mais usados na região cujas receitas representavam mais de 1% do total receitado (em kg) na RMC, os valores do coeficiente de adsorção ao carbono orgânico (K_{oc}) e da meia-vida ($T_{1/2}$) foram obtidos através de consulta a diversas fontes de referência (Worthing e Hance, 1991; Wauchope et al., 1992; e Hornsby et al., 1993). A partir destes valores foram calculados dois índices que permitem avaliar e comparar o potencial de lixiviação dos diferentes agrotóxicos.

O índice do potencial relativo de lixiviação (RLPI – relative leaching potential index) define a atenuação (redução na massa a medida que se movimenta no solo) de cada agrotóxico no solo e, portanto, seu potencial de lixiviar até atingir as águas subterrâneas (Hornsby et al., 1993). O índice é calculado pela seguinte fórmula:

$$RLPI = 10 \times (K_{oc}/T_{1/2})$$

Ainda segundo Hornsby et al. (1993), existe alguma incerteza associada aos dados usados para calcular o índice, mas como os valores são relativos, eles podem ser utilizados para comparar diferentes pesticidas. É importante ter em mente que quanto menor o valor de RLPI para um agrotóxico, maior o seu potencial de lixiviação.

Já Gustafson (1989) propôs, com o objetivo de avaliar o risco potencial de lixiviação dos agrotóxicos (até a água subterrânea), o índice GUS (Groundwater Ubiquity Score). Ele inclui, numa equação simples, os dois fatores que afetam o comportamento dos agrotóxicos no ambiente, da seguinte maneira:

$$GUS = \log (T_{1/2}) \times (4 - \log K_{oc})$$

Segundo Zheng e Cooper (1996), de acordo com os valores do índice GUS é possível classificar a tendência de lixiviação dos produtos químicos:

se $GUS < 1,8$ então considera-se que o composto não lixivia;

se $1,8 \leq GUS < 2,8$ então o composto pertence à zona de transição; e

se $GUS \geq 2,8$ então o composto apresenta risco potencial de lixiviar.

Resultados e Discussão

A Tabela 5 indica a carga presumida de N, P e K por município e por cultura na região de Campinas. Observa-se que os municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Campinas, Monte Mor e Indaiatuba respondem por cerca de 46% do uso presumido desses nutrientes na região e que a cultura da cana-de-açúcar responde sozinha por cerca de 37% do consumo presumido dos mesmos.

Embora sejam apresentados dados relativos à carga dos três macronutrientes, N, P e K, apenas o nitrogênio causa preocupação sob o aspecto da contaminação de águas subterrâneas, pelos problemas de saúde que pode acarretar quando presente em águas de consumo em concentrações de nitrogênio como NO_3^- maiores que 10 mg/l. Além disso, apenas o nitrogênio apresenta efetivo potencial de contaminação por ser, dos três, o único passível de sofrer significativa lixiviação no perfil dos solos e atingir o lençol freático. O fósforo é sujeito a forte adsorção química (do tipo covalente) às partículas do solo. Desse modo, praticamente não sofre lixiviação, sendo quase nula a possibilidade de que venha a atingir o lençol freático mediante tal processo.

O potássio se liga por adsorção eletrostática às partículas do solo com carga líquida negativa, condição esta predominante na camada arável dos solos. Sua lixiviação nessas condições tem, provavelmente, pouco significado. Resultados de trabalho de Gloeden et al., 1991, indicam serem remotas as chances de que o elemento, contido na vinhaça que é aplicada aos solos cultivados com cana-de-açúcar, venha a atingir as águas subterrâneas em quantidades significativas, mesmo em solos que apresentam baixa carga líquida negativa. O mesmo raciocínio pode ser estendido ao potássio adicionado ao solo por meio das adubações minerais convencionais.

Tabela 5. Carga presumida de N, P e K, por município e por cultura na RMC.

Município	N (t)	P (t)	K (t)	NPK (t)	NPK (%)
Santa Bárbara d'Oeste	1.435	293	1.318	3.046	13,1
Campinas	1.448	512	941	2.901	12,5
Monte Mor	1.123	387	859	2.369	10,2
Indaiatuba	1.059	401	834	2.295	9,9
Santo Antônio de Posse	836	380	595	1.811	7,8
Artur Nogueira	987	229	530	1.746	7,5
Cosmópolis	681	155	551	1.387	6,0
Engenheiro Coelho	749	179	377	1.306	5,6
Jaguariúna	564	133	382	1.078	4,6
Paulínia	474	146	398	1.017	4,4
Sumaré	395	128	280	802	3,4
Hortolândia	304	221	247	772	3,3
Holambra	327	105	179	611	2,6
Vinhedo	234	111	178	523	2,2
Nova Odessa	220	61	204	485	2,1
Valinhos	237	77	147	461	2,0
Pedreira	229	69	146	444	1,9
Americana	96	29	95	220	0,9
Cultura					
Cana-de-açúcar	3.982	795	3.717	8.494	36,5
Citros	2.064	474	851	3.389	14,6
Pastagens e Capineiras	1.405	378	711	2.494	10,7
Milho	1.173	456	768	2.397	10,3
Hortalças	756	649	589	1.993	8,6
Outras Culturas	817	293	670	1.779	7,6
Fruteiras	740	331	695	1.766	7,6
Espécies Florestais	384	200	229	812	3,5
Cereais	78	40	33	151	0,6
Total	11.396	3.616	8.263	23.275	100,0

Sabe-se que cerca de 50% do nitrogênio aplicado ao solo é aproveitado pelas plantas. As informações de pesquisa sobre o destino da parte do nitrogênio aplicado e não utilizado pelas plantas são ainda imprecisas, e insuficientes para se prever com segurança a contribuição dessa fração na contaminação de lençóis freáticos e de aquíferos. Contudo, estima-se que, do nitrogênio aplicado e não utilizado imediatamente pelas plantas, 25% podem ser imobilizados na matéria orgânica, 20% podem ser perdidos por desnitrificação e 4% podem sofrer lixiviação (Siqueira e Franco, 1988).

Nas áreas ocupadas com cana-de-açúcar, a prática da aplicação da vinhaça aos solos pode ser benéfica do ponto de vista da redução do risco de contaminação de águas com nitrato. Condições de anaerobiose provavelmente ocorrentes nas camadas profundas dos solos, ainda na zona não saturada, associadas à disponibilidade de carbono orgânico resultante da aplicação da própria vinhaça, favorecem o processo de desnitrificação (Hassuda, 1989), reduzindo assim o risco do aporte daquele ânion às águas subterrâneas.

Assumindo como média do teor de N dos solos da região o valor de 0,14%, calculado a partir de dados apresentados por Malavolta (1986) para o Estado de São Paulo, a estimativa para o teor de N contido na camada arável é de 2.800 kg/ha. Considerando uma taxa média anual de mineralização de cerca de 3% do N do solo (Siqueira e Franco, 1988), calcula-se que 84 kg/ha de N seriam mineralizados anualmente, passando à forma de nitrato. A soma desse valor às doses de N aplicadas como adubos minerais nos diversos municípios da região resulta em valores de 131 a 183 kg/ha para o teor de N mineral dos solos (Tabela 6). Considerando um percentual de lixiviação de 4% da carga de nitrogênio mineral presente no solo (Coelho, 1987, citado por Siqueira e Franco, 1988), calcula-se que 5,3 a 7,3 kg/ha de N (Tabela 6) poderiam ser perdidos anualmente por esse processo e atingir as águas subterrâneas sob a forma de nitrato, como pode ser visualizado na Figura 2, onde os municípios da RMC foram classificados em três faixas de potencial de N lixiviável.

A Tabela 6 mostra, em base anual, a densidade de carga de N aplicada, a densidade total de carga de N e a quantidade de N potencialmente lixiviável, por município e por cultura ou grupo de culturas. Observa-se que, embora Santa Bárbara d'Oeste, Campinas, Monte Mor e Indaiatuba sejam os municípios que apresentam as maiores cargas totais de N aplicado (1.435, 1.448, 1.123 e 1.059 t/ano), Engenheiro Coelho e Artur Nogueira são os municípios com as maiores densidades de carga aplicada (92 e 99 kg/ha.ano) e as maiores cargas de N potencialmente lixiviável (7,0 e 7,3 kg/ha.ano).

Tabela 6. Carga, densidade de carga e potencial de lixiviação de N, por município e por cultura na RMC.

Município	(kg/ha.ano)		
	Densidade de carga de N	Densidade total de carga de N	Potencial de lixiviação de N
Engenheiro Coelho	99	183	7,3
Artur Nogueira	92	176	7,0
Hortolândia	85	169	6,8
Paulínia	83	167	6,7
Sumaré	84	168	6,7
Santa Bárbara d'Oeste	78	162	6,5
Holambra	79	163	6,5
Valinhos	78	162	6,5
Santo Antônio de Posse	79	163	6,5
Cosmópolis	79	163	6,5
Campinas	71	155	6,2
Indaiatuba	66	150	6,0
Monte Mor	62	146	5,8
Vinhedo	60	144	5,8
Nova Odessa	57	141	5,6
Americana	57	141	5,6
Jaguariúna	52	136	5,5
Pedreira	47	131	5,3
Culturas			
Fruteiras	138	222	8,9
Hortaliças	116	200	8,0
Citros	110	194	7,7
Outras Culturas	97	181	7,2
Milho	80	164	6,5
Cana-de-açúcar	78	162	6,5
Cereais	62	146	5,8
Espécies Florestais	49	133	5,3
Pastos e Capins	33	117	4,7

Os grupos de fruteiras, hortaliças e citros são os que recebem as maiores cargas de N (138, 116 e 110 kg/ha.ano) e, conseqüentemente, apresentam as maiores quantidades de N potencialmente lixiviável (8,9; 8,0 e 7,7 kg/ha.ano).

Quanto ao consumo presumido de agrotóxicos, os sete municípios que mais utilizam esses insumos, em termos de carga total de produto comercial, respondem por mais de 70% da carga total da RMC, conforme pode-se observar da Tabela 7. Em relação à densidade, ou seja, a intensidade do uso obtida pela divisão da carga total do município pela área total cultivada no mesmo, destaca-se o município de Sumaré, com quase 10 quilogramas de produto comercial por hectare cultivado, seguido por Cosmópolis, Artur Nogueira e Valinhos, com densidade variando de 4,7 a 3,5 kg/ha, sendo que ainda Monte Mor, Engenheiro Coelho e Paulínia apresentaram densidades de uso superiores à média da região, de 2,3 kg/ha. Na média da RMC, a quantidade de princípio ativo representava 46,2% do total de carga de produto comercial, o que permitiu estimar o consumo no município de Sumaré em 4,6 kg/ha de ingrediente ativo, o que é muito superior à média nacional e comparável ao consumo dos países nos quais o uso deste insumo é mais intensivo, como o Japão (10,0 kg/ha), a Itália (5,92 kg/ha), os EUA (5,5 kg/ha), e o Reino Unido (4,65 kg/ha), ficando acima das médias da Alemanha (4,24 kg/ha), da CEI (3,26 kg/ha) e da Dinamarca (2,87 kg/ha), conforme Ferreira e Tsunehiro (1998).

Nota-se que a diversidade de ocupação agrícola da RMC, já indicada na Tabela 4, também é refletida pela Tabela 7. Na coluna referente à carga média em cada receita (carga por receita) aparecem valores variando de 8,9 kg/receita, em Valinhos, até 84,9 kg/receita, em Engenheiro Coelho, o que está associado à área média das propriedades, à cultura predominante e ao nível tecnológico adotado em cada um dos municípios. A carga total também discrimina os municípios, principalmente devido à área total cultivada nos mesmos, enquanto a densidade é mais sensível ao tipo de cultura e ao nível tecnológico predominantes (Rodrigues et al., 1997).

Transformando os dados de carga dos produtos comerciais para quantidade de IA, pode-se determinar aquele IA com maior potencial de atingir as águas subterrâneas, estudando suas características físico-químicas, conforme apresentadas na Tabela 8. Nesta tabela podemos observar primeiramente o caso dos dois IA mais receitados, enxofre e cobre, constituindo ambos produtos inorgânicos que, assim como o óleo mineral (décimo terceiro mais receitado, em

kg), não são considerados como potenciais contaminantes. Esses IA, apesar de serem ativos no controle de algumas pragas e doenças, têm baixa mobilidade no solo e baixa toxicidade (classe toxicológica IV) além de serem basicamente apresentados na forma elementar e não em moléculas complexas (mesmo o óleo mineral é composto de ésteres simples de ácidos graxos). Tudo isso concorre para classificá-los como de baixíssimo risco para o compartimento “água subterrânea”. Isso não implica em que não haja risco de acúmulo e contaminação em outros compartimentos dos agroecossistemas, mas não é esse o escopo do presente trabalho. Para esses IA não são apresentados os valores de Koc e meia-vida e nem dos índices calculados a partir deles, pois as referências consultadas também não os fornecem, provavelmente pelos mesmos motivos expostos anteriormente.

Tabela 7. Carga total absoluta e percentual, número de receitas, carga por receita e densidade de agrotóxicos, na forma de produtos comerciais, por município da RMC, em 1995.

Município	Carga (kg ou l)	Carga %	Número de receitas	Carga por receita	Densidade (kg/ha)
Monte Mor	51.119,7	14,0	1.855	27,6	2,83
Sumaré	46.617,3	12,8	2.352	19,8	9,92
Cosmópolis	40.281,9	11,0	753	53,5	4,69
Artur Nogueira	40.219,7	11,0	847	47,5	3,75
Campinas	34.731,2	9,5	3.237	10,7	1,69
Santa Bárbara d'Oeste	29.520,6	8,1	831	35,5	1,60
Engenheiro Coelho	19.353,7	5,3	228	84,9	2,56
Indaiatuba	15.881,5	4,4	964	16,5	0,99
Jaguariúna	15.641,1	4,3	397	39,4	1,46
Santo Antônio de Posse	14.579,8	4,0	524	27,8	1,37
Paulínia	14.382,2	3,9	397	36,2	2,52
Valinhos	10.538,1	2,9	1.180	8,9	3,47
Holambra	8.760,5	2,4	250	35,0	2,11
Nova Odessa	8.755,0	2,4	521	16,8	2,28
Hortolândia	6.164,5	1,7	352	17,5	1,73
Vinhedo	4.569,1	1,3	294	15,5	1,17
Americana	3.169,7	0,9	154	20,6	1,89
Pedreira	272,8	0,1	21	13,0	0,06
Total	364.558,4	100,0	15.157	24,1	2,33

Com relação aos demais IA, pode-se ver que o mancozeb e o glifosato foram quase tão receitados (em kg) como os dois primeiros. Pelos valores dos índices GUS e RLPI, os dois (em especial o glifosato) não apresentam risco de atingir as águas subterrâneas por lixiviação. A partir do quinto ingrediente ativo mais receitado, a carga passa a ser menos da metade do que a dos quatro primeiros, mas começam a aparecer IA com médio potencial de lixiviação (diuron, metamidofós, ametrina, clomazone e acefato) e destaca-se o tebutiuron com alto risco de lixiviação, além de ser um produto muito perigoso ao ambiente (Compendio, 1996).

Para ziram e bromopropilate não foram encontrados valores para a meia-vida, o que impossibilitou o cálculo dos índices GUS e RLPI, mas pela combinação de carga, Koc e toxicidade (os dois são da classe toxicológica III) consideramos que eles não estariam entre os de maior risco em relação à contaminação das águas subterrâneas na RMC, ressaltando a necessidade de maiores investigações no sentido de se obterem localmente valores confiáveis para as características físico-químicas, destes e de todos os IA em uso no país, pois a maioria dos valores aqui utilizados foram obtidos em países com características de clima e solo bastante distintas das condições brasileiras. Os demais IA não apresentam risco de lixiviação ou são receitados em valores menores que 1% da carga total aplicada na RMC. Enquanto apenas os vinte IA mais receitados em base de peso (Tabela 8) respondem por 78,5% da carga total, os 21,5% restantes são divididos entre 150 outros ingredientes ativos.

Após a identificação dos IA mais receitados e o potencial de lixiviação de cada um deles, uma outra questão que se impõe é como localizar geograficamente as suas áreas de aplicação. Como já foi dito, não existem ainda bases de dados que disponibilizem as informações com um grau desejável de detalhe. Portanto, para obter uma aproximação, temos de lançar mão de conhecimentos associados ao processo produtivo agropecuário. É o caso de identificar as culturas que mais empregam agrotóxicos na RMC, como forma de identificação indireta das áreas de aplicação de um determinado IA. A determinação geográfica das culturas é passível de ser feita inclusive por métodos de sensoriamento remoto, entre outros (Epiphânio, 1997).

Tabela 8. Carga absoluta e percentual e características dos ingredientes ativos dos agrotóxicos mais utilizados na RMC, em 1995.

Ingrediente ativo	Carga (kg)	Meia-vida (%)	(dias)	K _{OC}	GUS	RLPI
Enxofre (F,A)	19.865,8	11,8	-	-	-	-
Cobre Metálico (F)	19.754,1	11,7	-	-	-	-
Mancozeb (F)	19.491,0	11,6	70	>2.000	1,290	286
Glifosato (H)	17.517,2	10,4	47	24.000	-0,636	>2.000
Clorotalonil (F)	8.372,8	5,0	30	1.380	1,271	460
Diuron (H)	6.409,3	3,8	90	480	2,577	53
Metamidofós (I)	5.766,6	3,4	6	5	2,569	8
Ametrina (H)	4.567,1	2,7	60	300	2,708	50
Tebutiuron (H)	3.834,6	2,3	360	80	5,360	2
Paration Metil (I)	3.242,4	1,9	14	5.000	0,345	>2.000
Etefon (RC)	2.896,8	1,7	10	100.000	-1,000	>2.000
Clomazone (H)	2.887,5	1,7	24	300	2,102	125
Óleo Mineral (I, A)	2.876,4	1,7	-	-	-	-
Maneb (F)	2.469,5	1,5	70	>2.000	1,290	286
Carbendazim (F)	2.399,5	1,4	270	2.300	1,552	85
Fenibutatina, óxido (A)	2.099,0	1,2	90	2.300	1,247	256
Ziram (F)	2.050,0	1,2	-	370	-	-
Acefato (I, A)	1.964,7	1,2	3	2	1,765	7
EPTC (H)	1.957,0	1,2	6	200	1,322	333
Bromopropilate (A)	1.812,6	1,1	-	4.240	-	-
Subtotal (20 IA)	132.234,0	78,5				
Outras (150 IA)	36.310,5	21,5				
Total	168.544,5	100,0				

Onde: (A) = acaricida; (F) = fungicida; (H) = herbicida; (I) = inseticida; e (RC) = regulador de crescimento

Na Tabela 9 são apresentadas as cargas totais de agrotóxicos prescritas por cultura e por município da RMC, onde as cinco culturas destacadas são as responsáveis por quase 84% da quantidade total prescrita nessa região. Deve-se atentar para as altas cargas nas culturas de tomate, batata e milho em Monte Mor, tomate em Sumaré, cana-de-açúcar em Cosmópolis e Santa Bárbara d'Oeste, citros em Artur Nogueira e Engenheiro Coelho, e batata e milho em Campinas. Associando as informações do potencial de lixiviação (Tabela 8) com estas, pode-se observar, por exemplo, que o IA considerado de maior risco, o tebutiuron, só é recomendado para a cana-de-açúcar, indicando que as áreas desta cultura, naqueles municípios onde há maior quantidade prescrita para ela, são as de maior potencial de contaminação das águas subterrâneas. Vale o mesmo raciocínio para os IA com potencial médio de lixiviação, como o diuron, recomendado para cana-de-açúcar e citros; o metamidofós, para batata e tomate; a ametrina para citros, cana-de-açúcar e milho; o clomazone apenas para cana-de-açúcar; e o acefato para batata e tomate. A Fig. 3 apresenta os municípios da RMC separados em três classes de potencial de lixiviação dos agrotóxicos.

Tabela 9. Carga total de agrotóxicos, em quilogramas ou litros de produtos comerciais, para as cinco principais culturas, por município da RMC em 1995.

Municípios	citros	tomate	cana-de-açúcar	batata	milho	total
Monte Mor	774	25.959	3.075	13.345	2.957	46.110
Sumaré	869	39.370	1.534	1522	783	44.078
Cosmópolis	4.361	774	33.772	195	357	39.459
Artur Nogueira	35.327	78	2.955	55	254	38.669
Santa Bárbara d'Oeste	2.992	1.137	23.077	153	612	27.971
Engenheiro Coelho	18.917	223	50	0	45	19.235
Campinas	2.833	4.478	3.331	2.614	2.770	16.025
Paulínia	11.403	742	624	0	205	12.974
Jaguariúna	9.927	406	1.912	0	22	12.267
Santo Antônio de Posse	6.865	5.210	13	45	130	12.262
Indaiatuba	3.519	5.755	5	1.075	402	10.756
Nova Odessa	260	5.177	1.999	422	357	8.216
Hortolândia	128	3.583	0	1.214	494	5.418
Holambra	3.690	46	261	10	527	4.534
Vinhedo	90	2.722	0	300	0	3.112
Americana	437	447	870	675	128	2.557
Valinhos	726	892	3	18	43	1.682
Pedreira	99	127	0	0	0	226
Total	103.217	97.126	73.481	21.643	10.086	305.551

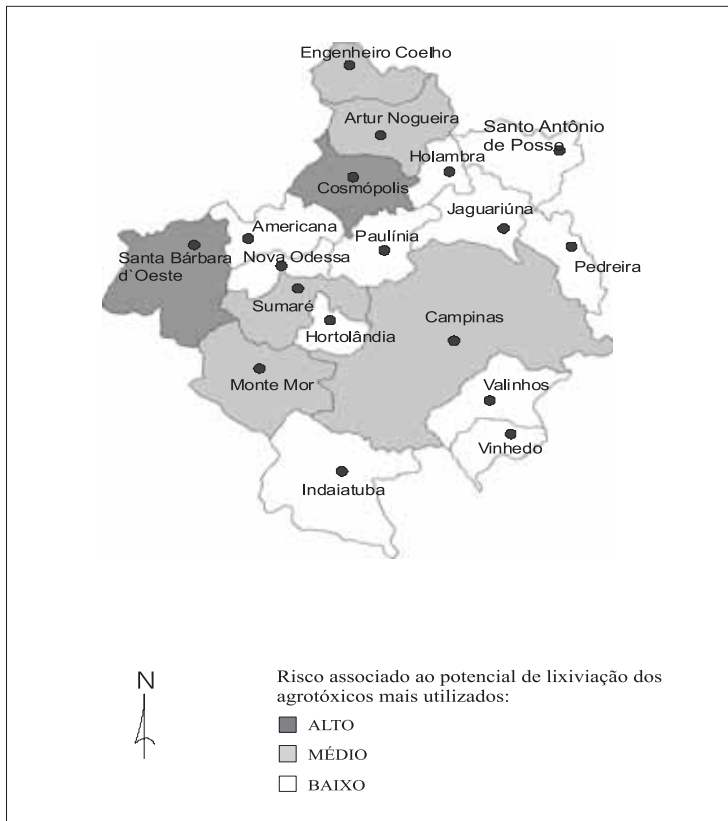


Fig. 3. Representação esquemática dos municípios da RMC, classificados quanto ao potencial estimado de lixiviação dos agrotóxicos mais receitados para as principais culturas.

Como dado adicional, pode-se ainda constatar uma enorme diferença na densidade de carga receitada para cada uma das cinco principais culturas da RMC (Tabela 10). A densidade de carga na cultura do tomate é quase cinco vezes superior à da batata; nessa cultura a densidade também é aproximadamente cinco vezes maior que na de citros que, por sua vez, é mais que o dobro da densidade média na região. Vale lembrar que isto se deve em grande parte ao alto consumo de agrotóxicos à base de cobre e enxofre nestas três culturas, os quais apresentam grande quantidade de IA nos produtos formulados além de serem aplicados em altas doses. A cana-de-açúcar e o milho apresentam densidade de carga inferior à média regional.

Tabela 10. Carga total de agrotóxicos (produtos comerciais), área cultivada e densidade de carga, para as cinco principais culturas, na RMC em 1995.

Cultura	Carga (kg)	%	Área (ha)	%	kg/ha
Citros	103.217,7	28,31	18.582,5	11,8	5,56
Tomate	97.123,4	26,64	914,1	0,6	106,25
Cana-de-açúcar	73.481,1	20,16	50.746,9	32,4	1,45
Batata	21.642,7	5,94	899,9	0,6	24,05
Milho	10.085,6	2,76	14.714,3	9,4	0,68
Subtotal	305.550,5	83,81	85.857,7	54,8	3,56
Outros	59.007,9	16,19	70.898,2	45,2	0,83
Total	364.558,4	100,00	156.755,9	100,0	2,33

Outra constatação é a presença destacada dos herbicidas entre os agrotóxicos de maior risco. Enquanto seis (30%) dos vinte IA de maior uso presumido eram herbicidas, quando se consideram apenas aqueles classificados como de alto ou médio potencial de lixiviação, verifica-se que 66,7% destes eram assim classificados. Isso é ainda mais relevante quando sabe-se que a tendência da comercialização, no Brasil e no mundo, vem sendo de queda no caso dos inseticidas, tem permanecido estável mas tendendo à queda com relação aos fungicidas e apresenta sinais de crescimento somente no caso dos herbicidas (Campanhola et al., 1998).

Conclusões

A atividade agrícola na Região Metropolitana de Campinas, no período abrangido por este estudo, pode ser considerada intensa, importante e bastante desenvolvida em relação à média estadual e brasileira. Na análise de dados foi observado que um pequeno grupo de culturas representava uma parte significativa da área plantada total. Também em relação à carga receitada dos agroquímicos utilizados na RMC, existia uma concentração em um pequeno número deles.

Uma análise conjunta dos dados de área plantada (Tabela 1) e de N potencialmente lixiviável (Tabelas 3 e 4), conduzida por município e por cultura, mostra que as áreas de cultivo de fruteiras nos municípios de Indaiatuba e Valinhos, de

cultivo de hortaliças nos municípios de Campinas e Hortolândia, e de cultivo de citros nos municípios de Artur Nogueira e Engenheiro Coelho, são as que apresentam maior risco de contaminação de águas subterrâneas devido à lixiviação de nitrato derivado de adubação das culturas.

Com relação aos agrotóxicos, conclui-se que o principal potencial de contaminação das águas subterrâneas está relacionado ao uso dos herbicidas à base de tebutiuron, na cultura da cana-de-açúcar, nos municípios de Cosmópolis e Santa Bárbara d'Oeste. Em um segundo nível de risco, estariam os produtos à base de metamidofós e acefato, usados em batata e tomate, e à base de ametrina usados na cultura do milho, em Monte Mor e Campinas; no mesmo nível estão os produtos à base de metamidofós e acefato, usados em tomate em Sumaré; produtos à base de diuron, clomazone e ametrina usados em cana-de-açúcar em Cosmópolis e Santa Bárbara d'Oeste; e os produtos à base de diuron e ametrina na cultura de citros em Artur Nogueira e Engenheiro Coelho.

Referências

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – 1990. São Paulo: SEADE, 1992. 510 p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1997a. v.56.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES, 1996. São Paulo: ANDA, 1997b. 152 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S.; BETTIOL, W. Evolução, situação atual, projeção e perspectiva de sucesso de um programa de racionalização do uso de agrotóxicos no Brasil. In: RODRIGUES, G. S. (Coord.). **Racionalización del uso de pesticidas en el Cono Sur**. Montevideo: IICA- PROCISUR, 1998. p. 43-49.

CATI. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 1998.

CENSO AGROPECUÁRIO 1995-1996: número 19, São Paulo. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 383 p.

CETESB. **Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo – 1994**. São Paulo: CETESB, 1996. 95 p.

COMPÊNDIO de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 5. ed. rev. atual. São Paulo: Andrei, 1996. 506 p.

DANTAS, M. das G. F.; LIMA, L. F. F.; SOUZA E LEÃO, L. E. de; LEMOS, M. M. G.; HIRATA, R.; BATELLO, E. R.; CASARINI, D. C. P. Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas na região metropolitana de Campinas – SP – por fontes industriais. 11p. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1996, Vitória. **Anais...** Vitória, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Convênio de cooperação, que entre si celebram a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA – do Estado de São Paulo, sob número 21300.93/038-1.** Jaguariúna, 14 jul. 1993.

EPIPHÂNIO, J. C. das N. Monitoreo ambiental y sistemas de información para la evaluación de la relación agricultura-medio ambiente. In: VIGLIZZO, E. (Coord.). **Libro verde: elementos para una política agroambiental en el Cono Sur.** Montevideo: IICA – PROCISUR, 1997. Cap. 3, p. 35-51.

FERREIRA, C. R. R. P. T.; TSUNECHIRO, A. Evolução das vendas de defensivos agrícolas e uso de métodos alternativos e complementares de proteção de culturas no Brasil. **O Biológico**, São Paulo, v. 60, n. 1, p. 35-49, jan./jun. 1998.

GLOEDEN, E.; CUNHA, R. C. A.; FRACCAROLI, M.; CLEARY, R. W. The behavior of vinasse constituents in the unsaturated and saturated zones in the Botucatu Aquifer recharge area. **Water Science and Technology**, Auburn, v. 24, p. 225-235, 1991.

GUSTAFSON D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Washington, v. 8, p. 339-357, 1989.

HASSUDA, S. **Impactos da infiltração da vinhaça de cana no aquífero Bauru.** 1989. 92 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989.

HORNSBY, A. G.; BUTTLER, T. M.; BROWN, R. B. Managing pesticides for crop production and water quality protection: practical grower guides. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 46, n. 1/4, p. 187-196, 1993.

IBGE. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 1998.

LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A. **Estimativa do uso de agrotóxicos em cinco municípios das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - 1994.** Jaguariúna: EMBRAPA - CNPMA, 1997. 5p. (EMBRAPA – CNPMA. Comunicado Técnico, 1).

MALAVOLTA, E. **Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras.** São Paulo: SN (Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio), 1982. 59 p. (Boletim Técnico, 1).

NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A.; LUIZ, A. J. B. Método para a caracterização do uso de agrotóxicos para o Estado de São Paulo: aplicação em áreas irrigadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1996. p. 480-487.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental indicators for agriculture.** Paris: OECD, 1997. p. 9-62.

OTANI, M. N.; MAIA, M. L.; MELLO, N. T. C. de; FRANCA, T. J. F.; FRANCISCO, V. L. F. dos S. Perfil agropecuário do Escritório de Desenvolvimento Rural de Limeira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 25-43, jun. 1998.

PAIVA, W. F. **SISCREA – Sistema para controle de receituário agrônomo:** manual. Jaguariúna: EMBRAPA - CNPMA, 1992. 15 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, G. S.; PARAÍBA, L. C.; BUSCHINELLI, C. C. Estimativa da carga contaminante de pesticidas e nitrato para as águas subterrâneas no Estado de São Paulo. **Pesticidas:** Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 7, p. 89-108, jan./dez. 1997.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura. **Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1974. v. 1, 165 p.

SÃO PAULO. Instituto Biológico. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto Geológico/CETESB/DAEE, 1997. v.1, 129 p.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília: MEC (Ministério da Educação), ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 1988. 236 p.

VICENTE, J. R. Áreas de culturas no Estado de São Paulo: comparação entre os resultados do Censo Agropecuário 1995-96, do Projeto Lupa e do levantamento subjetivo IEA/CATI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 7, p. 7-10, jul. 1998.

WAUCHOPE, R. D.; BUTTLER, T. M.; HORNSBY, A. G.; AUGUSTIN-BECKERS, P. W. M.; BURT, J. P. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, Amsterdam, v. 123, p. 1-164, 1992.

WORTHING, C. R.; HANCE, R. J. (Ed.). **The pesticide manual: a world compendium.** 9. ed. Croydon: British Crop Protection Council, 1991. 1141 p.

ZHENG, S. Q.; COOPER, J. F. Adsorption, desorption, and degradation of three pesticides in different soils. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 30, n. 1, p. 15-20, 1996.