

Documentos

ISSN 1516-4691

Agosto, 2007

65

Proposta de Boas Práticas Agrícolas para as Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto. SP.

Documentos 65

Proposta de Boas Práticas Agrícolas para as Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto. SP.

***Antonio Luiz Cerdeira
Maria Conceição Peres Young Pessoa
Marco Antônio Ferreira Gomes
Denizart Bolonhezi
Manoel Dornelas de Souza
Carlos Farjani Neto***

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

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

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Alfredo José Barreto Luiz*

Secretária-Executiva: *Heloisa Ferreira Filizola*

Secretário: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Ladislau Araújo Skorupa, Ariovaldo Luchiani Júnior, Luiz Antônio S. Melo, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Alexandre Rita da Conceição*

1ª edição eletrônica

(2007)

Todos os direitos reservados.

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

Cerdeira, Antonio Luiz

Proposta de boas práticas agrícolas para as áreas de afloramento do aquífero Guarani em Ribeirão Preto. SP. / Antonio Luiz Cerdeira, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Marco Antônio Ferreira Gomes, Denizart Bolonhezi, Manoel Dornelas de Souza e Carlos Farjani Neto. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.
86 p. : il. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, ; 65)

1. Boas práticas agrícolas. 2. Água subterrânea. I. Cerdeira, Antonio Luiz. II. Pessoa, Maria Conceição Peres Young. III. Gomes, Marco Antônio Ferreira. IV. Bolonhezi, Denizart. V. Souza, Manoel Dornelas de. VI. Neto, Carlos Farjani. VII. Título. VIII. Série.

CDD 630.0289

© Embrapa 2007

Autores

Antonio Luiz Cerdeira

Engenheiro Agrônomo, Ph. D. Fisiologia e Bioquímica,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: cerdeira@cnpma.embrapa.br

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Matemática Aplicada, Ph. D. em Engenharia Elétrica,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: young@cnpma.embrapa.br

Marco Antônio Ferreira Gomes

Geólogo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: gomes@cnpma.embrapa.br

Denizart Bolonhezi

Engenheiro Agrônomo, M. Sc. e Doutor em Produção
Vegetal, Pesquisador Científico da APTA/IAC, Av.
Bandeirantes, 2419 Caixa Postal 271 - CEP 14001-
970, Ribeirão Preto/SP.
denizart@apta regional.sp.gov.br

Manoel Dornelas de Souza

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.

E-mail: dornelas@cnpma.embrapa.br

Carlos Farjani Neto

DAERP, Departamento de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto, Rua Amador Bueno 22, 14.100-000 Ribeirão Preto, SP.

Apresentação

As Boas Práticas Agrícolas (BPA's) constituem um conjunto de procedimentos para ser aplicado em condições de campo e têm por objetivos: (a) garantir a qualidade do produto agrícola, assim como a saúde, o bem-estar e a segurança do trabalhador rural; (b) conservar o meio ambiente e (c) agregar valor ao produto gerado por pequenos, médios e grandes produtores.

São práticas recomendadas pela FAO/OMS e endossadas pela Comunidade Económica Europeia que consideram os mais diversos sistemas de produção agrícola existentes. A adoção dessas BPA's deve, necessariamente, obedecer às legislações ambiental e trabalhista e ao Estatuto da Criança e do Adolescente, vigentes no Brasil, bem como os princípios éticos de igualdade de salários entre trabalhadores e trabalhadoras rurais.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo orientar a adoção das BPA's para as áreas de recarga direta do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto (SP), classificadas como naturalmente frágeis e que, por isso mesmo, requerem um manejo adequado para a proteção do recurso hídrico subterrâneo que nessas áreas se encontra bastante vulnerável.

O conteúdo do trabalho aqui apresentado é abrangente, com descrição das principais características geológicas, pedológicas, climáticas, de uso agrícola atual, de riscos de contaminação e de aspectos sócio-econômicos dessa importante área de afloramento do Aquífero Guarani. Essas características são contextualizadas no sentido de mostrar a importância e, sobretudo, a necessidade de adoção das BPA's como uma primeira e fundamental medida

na busca da sustentabilidade de atividades agrícolas em áreas com alta vulnerabilidade natural.

Cláudio Aparecido Spadotto
Chefe-Geral
Embrapa Meio Ambiente

Sumário

Introdução	11
2. Aquífero Guarani	15
3. Localização das Áreas de Afloramento ou de Recarga Direta	18
4. Geologia da Área	19
5. Solos Representativos	20
6. Susceptibilidade da Área à Infiltração de Solutos	20
7. Atividades Agrícolas na Área	22
8. Aspectos Sócio-Econômicos	22
9. Agroquímicos Aplicados e Implicações Ambientais	24
9.1 Agrotóxicos	24
9.2 Fertilizantes	26
9.3 Comportamento de Agrotóxicos	28
9.3.1 Biodecomposição	28
9.3.2 Adsorção	28
9.3.3 Textura do Solo	29
9.3.4 Tipos de Argila	29

9.3.5 Umidade	30
9.3.6 Temperatura	30
9.3.7 Solubilidade	30
9.3.8 pH	30
9.3.9 Lixiviação	31
9.3.10 Volatilidade	31
9.3.11 Decomposição Química	31
9.3.12 Fotocomposição	32
10. Estudos Recentes	32
11. Métodos de Análise de Riscos	35
12. Boas Práticas Agrícolas (BPA´s) Visando a Proteção da Área de Afloramento do Aquífero Guarani	41
12.1 Subsídios para a elaboração do protocolo de BPA´s para culturas prioritárias	41
13. Propostas de Boas Práticas Agrícolas (BPA´s) visando a proteção da área de afloramento do Aquífero Guarani - práticas passíveis de utilização das BPA´s	48
13.1 Práticas conservacionistas de solo passíveis de adoção nas áreas	

de recarga do Aqüífero Guarani na região de Ribeirão Preto	48
13.2 Prática de rotação de cultura na renovação de canaviais	50
13.3 Seqüestro de carbono em áreas de cultivo de cana crua	53
13.4 Sistema de produção de cana-de-açúcar no contexto da colheita mecanizada	57
Conclusões	61
Referências	63

Proposta de Boas Práticas Agrícolas para as Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto. SP.

Antonio Luiz Cerdeira

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Marco Antônio Ferreira Gomes

Denizart Bolonhezi

Manoel Dornelas de Souza

Carlos Farjani Neto

Introdução

A intensificação tecnológica no setor agropecuário brasileiro foi incorporada rapidamente às suas atividades a partir dos anos 70, por meio da chamada “Revolução Verde”. Essas atividades propunham a substituição dos moldes de produção locais ou tradicionais por um conjunto bem mais homogêneo de práticas tecnológicas (EHLERS, 1999). Entre essas práticas citam-se: o uso de material geneticamente melhorado para cultivos e para a produção animal; a adoção de novas práticas agrícolas que incluía principalmente uso intensivo agroquímicos (onde se incluem os fertilizantes inorgânicos e agrotóxicos, entre outros insumos); uso de máquinas agrícolas e a diminuição da mão de obra; o uso da irrigação em áreas com limitações hídricas ou com períodos críticos de estiagem; o acesso ao crédito e a subsídios; e o desenvolvimento da pesquisa e da assistência técnica.

A difusão desse novo padrão tecnológico nas áreas mais pobres do país foi utilizada como estratégia de governo e trouxe benefícios, no curto prazo, às populações rurais locais que passaram a compartilhar dos chamados “benefícios diretos” do “desenvolvimento rural”, centrado no aumento de produção e na produtividade (NAVARRO, 2001). A análise dos dados do PIB nacional ao longo dos últimos 30 anos, comprovam a contribuição dada pela agricultura ao país, em comparação com outros setores, visivelmente observadas pelas taxas de exportações agrícolas (Fontes: **FAO - Food and Agriculture Organization** - <http://www.fao.org> e **FMI - Fundo Monetário Internacional** - <http://www.imf.org>). Por meio deles observa-se também as conseqüências

da retração decorrente das políticas de governos vigentes e do incremento dado ao setor pelo crescimento da área plantada e da produtividade das culturas graníferas (milho, trigo, arroz e soja). Todavia, para atender o cenário acima, a agricultura esteve fortemente dependente dos agroquímicos (insumos, fertilizantes e agrotóxicos), de mecanização, de aumento de áreas com extrema diminuição de diversificação de culturas (tendência à monocultura) e de alto uso de energia fóssil.

Nos últimos anos, a agricultura brasileira atravessou um processo radical de transformação: a produção agrícola ampliou-se rapidamente, elevando a oferta de matérias-primas; o processo de modernização aprofundou-se, abrindo um significativo mercado interno para a produção industrial; e a incorporação de novas áreas à produção integrou à economia nacional zonas antes isoladas (KAGEYAMA & GRAZIANO DA SILVA, 1983).

Todavia, os benefícios da “Revolução Verde”, em termos da maior oferta de alimentos, não compensaram os efeitos negativos no meio ambiente, muito embora os processos de degradação decorrentes de atividades agrícolas apresentem registros desde a pré-história e estiveram presentes em todas as fases da história (DORST, 1978). Além disso, vários estudos associaram os efeitos da Revolução Verde a um agravamento de problemas sócio-econômicos, tais como o desemprego e a desigualdade na distribuição de renda. Essas práticas também não levaram em consideração as diferentes características ecorregionais do país, bem como atentaram pouco para os padrões culturais, sociais e econômicos dos sistemas produtivos nelas inseridas.

A partir do conhecimento mais amplo sobre as atividades agrícolas, consideradas de forma integrada no contexto holístico do ambiente de produção, foi possível correlacionar sinais de degradação com as atividades exercidas. Puderam ser constatados alguns efeitos da visão compartimentada do sistema de produção agropecuário, tais como perdas da ordem de 30% nas colheitas, um grande êxodo rural, o descaso à dignidade do trabalhador rural, a tendência ao esgotamento dos recursos naturais, a geração de substâncias tóxicas ao meio ambiente em quantidades acima da sua capacidade assimilativa e a falta de qualidade do produto final oferecido ao consumidor.

A degradação dos solos das áreas agrícolas em diferentes regiões do país tem sido uma realidade evidente, constatadas visivelmente pelas crescentes taxas de erosão, de redução da produtividade e aumento populacional de pragas e doenças das culturas e da exposição ambiental a riscos de contamina-

ção da água, tanto superficial quanto subterrânea. Várias práticas vêm sendo estudadas na tentativa de amenizar tais problemas, como a introdução do sistema de plantio direto no país, no início dos anos 80. Porém, ainda persistem algumas dúvidas principalmente em relação à cobertura do solo com diferentes espécies de leguminosas e o respectivo manejo.

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (ECO'-92), realizada no Rio de Janeiro em 1992, diferentes segmentos da sociedade integraram-se na discussão da problemática ambiental atrelada a diferentes atividades. A partir de então, aumentou-se a busca por alternativas para minimizar os efeitos dos problemas já existentes e para propor soluções para prevenção disseminando-se o conceito de desenvolvimento sustentável.

A forma convencional de produção agrícola já não é mais compatível com o novo cenário mundial, onde a globalização de mercados e a busca do desenvolvimento sustentável - fomentada pela Agenda 21 brasileira – surgem como questões imprescindíveis a serem consideradas para a melhoria contínua dos seus diferentes processos produtivos. Novaes (2001) salienta que na Agenda 21 são ressaltadas as seis principais razões que fundamentalmente ameaçam a sustentabilidade na agricultura: 1) predominância do chamado padrão “revolução verde”; 2) a presença no agronegócio de grandes passivos ambientais (principalmente, alto nível de erosão do solo, degradação de recursos hídricos e perda da diversidade biológica); 3) a dependência científica e tecnológica do exterior, ainda que parcial; 4) predominância no setor, do modelo exportador pautado em exigências externas e com altos custos ambientais e sociais, cuja prevenção/eliminação os países importadores não querem incorporar aos preços; 5) rentabilidade que decorre da recusa interna de incorporar esses custos e da necessidade de utilizar mais capital natural como se fosse financeiro; e 6) estrutura fundiária fortemente concentrada e com tendência para maior concentração em muitas partes.

Existem várias definições para o termo “Agricultura Sustentável” (EHLERS, 1999). Entretanto, em todas percebe-se que não é esperada apenas uma modificação para um conjunto de práticas agrícolas que incorpore as práticas de agricultura alternativa, pois esta não poderia, de imediato, substituir a agricultura convencional na quantidade de alimento produzido (que se reflete também no preço desses produtos e na sua disponibilidade para a população). Assim, trata-se do repensar profundo do processo de produção agrícola, de modo a conciliar a sustentabilidade sob a ótica ecológica (mantendo as inter-

relações e características dos ecossistemas); econômica (viabilizando renda constante e estável para que a atividade continue atrativa) e social (fomentando o manejo dos recursos naturais de forma compatível com valores sociais e culturais das comunidades e grupos envolvidos), conforme Ehlers (1999). Como consequência, a pesquisa agropecuária brasileira também vem desenvolvendo e mesmo adaptando novas técnicas que associadas às práticas de manejo, podem contribuir para a efetiva adoção de práticas sustentáveis de produção. Entretanto, a mudança de comportamento necessária para a efetiva adoção da agricultura sustentável demanda a difusão de informação em linguagem acessível inserida em um processo de educação ambiental que fomente conscientização e cidadania nos agentes futuros e presentes do processo de produção agropecuária. Embora imprescindível de estar inserido no contexto almejado da agricultura sustentável, esse processo terá efeitos locais a médio e longo prazos.

Estudos conduzidos em diferentes agroecossistemas possibilitaram associar aspectos ambientais às tendências da ocorrência de perigos sobre alterações biológicas, químicas e físicas no ambiente de produção, e de sinalizarem procedimentos que resultem em vantagens competitivas passíveis de ocorrência no processo produtivo, tais como as chamadas “Boas Práticas Agrícolas” (BPA´s), citadas por Chaim et al. (2004).

Enfocando o novo paradigma da sustentabilidade e os aspectos relativos à segurança alimentar, as Boas Práticas Agrícolas (BPA´s) devem refletir recomendações, com aspectos de sistemas de produção, que incorporem aspectos ambientais (ecológicos, sociais e econômicos), bem como outros que propiciam o uso eficiente de energia (CHAIM et al., 2004). São, portanto, a base para programas de fomento à melhoria de qualidade do produto, difundidos em âmbito mundial, e outros protocolos para fins de certificação com reconhecimento internacional.

Diante do exposto, existe a necessidade imediata de selecionar práticas já disponíveis que sejam menos impactantes ao ambiente e de inserção imediata nos sistemas produtivos, a exemplo do que está sendo mundialmente difundido pelo projeto “*Integrated Production Systems*” (**PRODS**) – “*Priority Areas for Inter-disciplinary Actions*” (**PAIA**) da “*Food and Agriculture Organization of the United Nations*” (**FAO**). Esse projeto propôs um código de Boas Práticas Agrícolas comum, que congregaram práticas decorrentes de experiências da “*European Initiative for Sustainable Development in Agriculture*” (**EISA**), do “*Euro-Retail Produce*” (**EUREP**) e da **UNILEVER**, holding de alimentos e de

material de limpeza doméstico e pessoal. Mais especificamente, esse projeto da FAO atentou para as experiências do “*Common Codex*” do EISA cuja proposta é a viabilização de uma propriedade agrícola integrada; para o código de boas práticas agrícolas do EUREP (EUREP-GAP); e para o “*Unilever Best Practices Guidelines*” da UNILEVER. Dessa forma, com o intuito de integrar aspectos desses três códigos, a FAO propôs um código comum de Boas Práticas Agrícolas que possibilita integrar aspectos ambientais às tendências de ocorrência de perigos no ambiente onde o sistema de produção está inserido, contemplando também o alimento produzido, provocados por alterações biológicas, químicas, e físicas no ambiente (impacto ambiental) de produção. Assim, as BPA’s sinalizam procedimentos que resultam em vantagens competitivas, passíveis de ocorrência no processo produtivo e, portanto, de torná-los menos agressivos ao ambiente de produção (GOMES et al., 2006).

2. O Aqüífero Guarani

A Bacia Sedimentar do Paraná abriga um manancial de águas subterrâneas gigante, com extensão de 1.195.000 km², denominado de Aqüífero Guarani. Trata-se de uma grande estrutura geológica formada, principalmente, por arenitos eólicos da Formação Botucatu, entre os Períodos Jurássico e Cretáceo cujos espaços porosos estão ocupados por água.

Sua maior parte está localizada em território brasileiro (839.800 km²). No entanto, uma considerável porção do aqüífero localiza-se na Argentina (225.500 km²), havendo ainda partes no Uruguai (58.500 km²) e no Paraguai (71.700 km²).

O Aqüífero Guarani possui água de excelente qualidade, sendo extraída através de poços artesianos e semi-artesianos e utilizada no abastecimento de centenas de cidades de médio e grande porte (ARAÚJO et al., 1995). É do tipo regional confinado, uma vez que 90% de sua área estão recobertos por espessos derrames de lavas basálticas. As áreas totais de recarga, incluindo as que se encontram no Uruguai e Paraguai (150.000 km²) estão localizadas nas bordas leste e oeste da Bacia do Paraná, em faixas alongadas do pacote sedimentar que afloram à superfície. Nestas áreas, as águas de chuva alimentam o aqüífero que flui para a calha do Rio Paraná, no sentido nordeste-sudoeste até a área de descarga, na região de Entre Rios, Argentina.

A alimentação desse aquífero se dá por dois mecanismos:

- a) infiltração direta das águas de chuva nas áreas de afloramento ou recarga;
- b) infiltração vertical ao longo de descontinuidades nas áreas de confinamento, num processo mais lento (ROCHA, 1996).

As áreas de recarga são as regiões onde o aquífero se encontra mais vulnerável. Dessa forma, o mau uso dos solos dessas áreas pode, a médio e longo prazo, comprometer a qualidade da água subterrânea. Diante desse cenário, fica evidente a necessidade de um manejo especial para essas áreas, a fim de que todo o sistema, áreas de recarga e o aquífero propriamente dito, possa ser gerido de forma sustentável.

A gestão sustentável do Aquífero Guarani depende, pois, da identificação e controle das fontes de poluição nas suas áreas de recarga (ROCHA, 1996). No entanto, para ser colocada em prática, necessita de uma legislação fundamentada em orientações técnicas, em âmbitos federal, estadual e municipal.

No Estado de São Paulo, a **Lei Estadual nº 6.134/88 de 02/06/1988, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 32.955/91, de 07/02/1991**, *“dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e dá outras providências”* (SÃO PAULO. Instituto Geológico, 1997). Em seu artigo 4º, mais especificamente no parágrafo 3º, a lei faz menção à necessidade de salvaguardar o não comprometimento do uso para fins agropecuários. Também em seu artigo 5º, a Lei cita *“Os resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, provenientes de **atividades agropecuárias, industriais, comerciais ou de qualquer outra natureza, só poderão ser conduzidos ou lançados de forma a não poluírem as águas subterrâneas**”*. Ainda em seu artigo 6º, faz menção a atividade irrigada e de colonização também fomentadas pelas atividades agrícolas onde cita que *“A **implantação de distritos industriais e de grandes projetos de irrigação, colonização e outros, que dependam da utilização da água subterrânea, deverá ser precedida de estudos hidrogeológicos para a avaliação de reservas e do potencial dos recursos hídricos e para o correto dimensionamento do abastecimento, sujeito à aprovação pelos órgãos competentes, na forma a ser estabelecida em regulamento.**”*

O sistema Aquífero Guarani ocorre em porção expressiva da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) do Rio Pardo, a qual congrega o município de Ribeirão Preto e região, ocupando área de cerca de 4.900 km²

(55%) do total de 8.991,02 km². Sua área de afloramento, que corresponde à zona de recarga direta do aquífero reduz-se para cerca de 1.900 km² (20% do território da UGRHI ou 40% da área total do aquífero), sendo o restante recoberto pelos basaltos da Formação Serra Geral e/ou outras unidades geológicas.

As águas subterrâneas desempenham papel fundamental no abastecimento público dos municípios da UGRHI do Rio Pardo, onde se constituem em manancial exclusivo ou é parcialmente utilizada (50%-100% da demanda) em 14 municípios dentre os 23 que constituem a bacia proporcionando, entretanto, 75% da demanda total; e, volumes de água, ou seja, 3,308 m³/s (11.908,80 m³/h) da demanda total de 4.475 m³/s (16.110,0 m³/h). Cabe lembrar ainda que cerca de 77% da água subterrânea é captada por poços no sistema aquífero e o restante, a partir de captações no Aquífero Serra Geral ou de unidades indefinidas nos relatórios dos poços cadastrados.

O município de Ribeirão Preto (656,93 km²), SP, particularmente, se encontra inteiramente em área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani, sendo que os terrenos a sudeste, leste e nordeste da sua sede urbana correspondem a domínios de áreas de afloramento do manancial subterrâneo. Abriga cerca de 52% da população da UGRHI (cujo valor total é de 971.330 habitantes, segundo o Censo IBGE 2000), o que evidencia que o Sistema Aquífero assume papel estratégico no abastecimento de água. Essa cidade possui 82 poços no aquífero, dos quais são extraídos 2,02 m³/s (7.284,4 m³/h), para atender 100% da população. Cabe lembrar, ainda, que o número de poços de Ribeirão Preto corresponde a cerca de 60% do total de poços utilizados somente para abastecimento público na UGRHI e, proporcionalmente, explotam volume equivalente em águas subterrâneas (CETESB, 2001).

A importância estratégica do Sistema Aquífero Guarani para Ribeirão Preto fica evidente, ainda mais, quando se considera a projeção populacional para a cidade no ano de 2020, que seria da ordem de 830.984 habitantes e da UGRHI para cerca de 1.598.00, admitindo-se a relação percentual citada no parágrafo anterior. Mantidos os patamares atuais de consumo, informados pelo DAERP - Departamento de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto, qual seja, 348 L/hab/dia, o núcleo urbano demandaria 3,35 m³/s (12.049,27 m³/h), traduzindo-se em crescimento de 65% na dependência do manancial (CETESB, 2001).

Esse crescimento de demanda deverá significar um agravamento ainda maior da situação em que já se encontram os níveis potenciométricos do Sistema

Aquífero Guarani na área de Ribeirão Preto, hoje bastante deplecionados (rebaixados) em função da histórica exploração realizada na cidade (CETESB, 2001).

CETESB (2001), também, relata que em termos de qualidade, as águas subterrâneas na região de Ribeirão Preto apresentam-se dentro de um padrão tido como bom, correspondendo de uma maneira geral, às águas bicarbonatadas cálcicas, com baixa mineralização, pH entre 6,0 e 6,5 e realimentações oriundas de fontes próximas, nas zonas confinadas do aquífero, com tendência de aumento do pH à medida que se distancia das áreas ou zonas de recarga.

Em particular, na região de Ribeirão Preto ocorre o afloramento do aquífero, em áreas de recarga típica, na Microbacia do Córrego do Espraiado.

A seguir são apresentadas considerações sobre a área da Microbacia do Córrego do Espraiado.

3. Localização das Áreas de Afloramento ou de Recarga Direta

As áreas de afloramento ou de recarga direta na região de Ribeirão Preto, representadas pelas Formações Botucatu (KJb) e Pirambóia (TJp), estão distribuídas na parte nordeste do município, envolvendo a porção que abrange todo perímetro do trevo da Via Anhanguera que dá acesso à cidade de Serrana, estendendo-se ao longo da Microbacia do Córrego do Espraiado e Ribeirão Tamanduá até sua desembocadura no rio Pardo. Nos municípios vizinhos, essas áreas ocupam extensas porções, principalmente, em São Simão e Serra Azul. Em seguida, aparecem Altinópolis e Brodósqui com porções menores de áreas de recarga, conforme pode se observar por meio do mapa geológico (fig. 1).

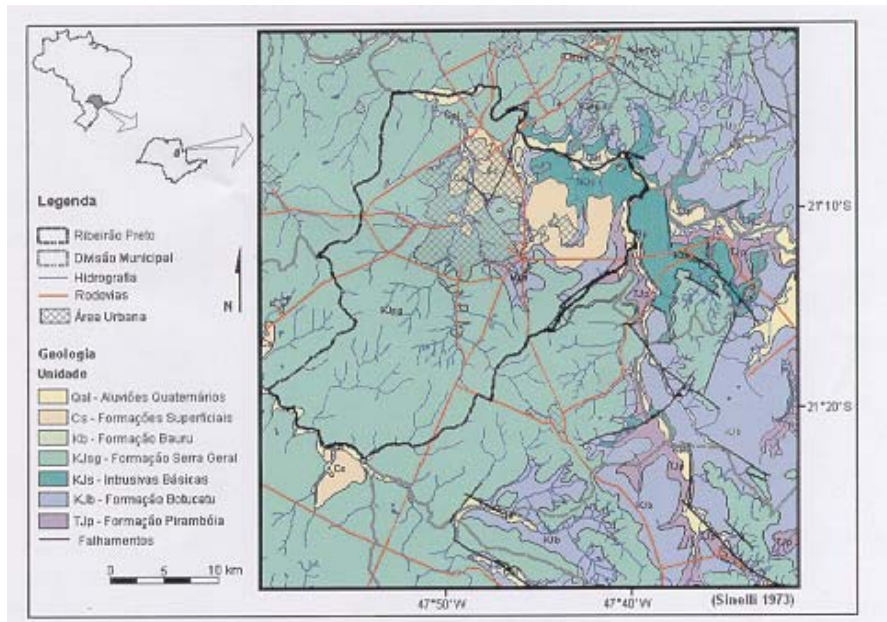


Fig. 1. Mapa geológico da região de Ribeirão Preto (SINELLI et al., 1973).

4. Geologia da Área

A geologia da área é constituída por dois litotipos distintos: rochas basálticas da Formação Serra Geral, presentes nas bordas e locais mais elevados e rochas areníticas da Formação Botucatu, nas partes mais baixas ou sotopostas à Formação Serra Geral ocupando, respectivamente, 70% e 30% da superfície do terreno (IPT, 1994). Abaixo dessas camadas de solo ocorre a Formação Botucatu que constitui o Aquífero Guarani e, dada a natureza arenosa dos solos, existe uma conexão hidráulica entre a superfície do terreno, as camadas do solo e o Aquífero.

A taxa de infiltração (vertical) da água ocorre à velocidade de 0,8 m/mês, enquanto que na direção do Córrego do Espriado (horizontal) a velocidade de propagação é de 3,3 m/mês (IPT, *op. cit.*). Tais características, associadas às condições de ausência de rocha até a zona saturada, baixa profundidade do lençol freático e precipitação média anual em torno de 1.500 mm, colocam essas áreas como sendo de alta vulnerabilidade natural. Estudos desenvolvi-

dos por São Paulo. Instituto Geológico (1997) evidenciam tais características, mostrando que o aquífero Guarani apresenta alta vulnerabilidade natural à contaminação das águas a partir de suas áreas de recarga, considerando como carga potencial poluidora, para Ribeirão Preto, a presença de usinas de açúcar e álcool, de indústrias de papel/papelão, de galvanoplastia, química, anodização, têxtil e de armazenamento de combustível.

5. Solos Representativos

Os solos representativos das áreas de recarga direta, incluindo aqueles circunvizinhos, são constituídos, predominantemente, por Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), classificados pela Sistema Brasileiro mais antigo como Latossolos Roxos dos tipos Eutrófico e Distroférico em proporções semelhantes (MIKLÓS & GOMES, 1996). Estudos realizados por Gomes et al. (2002), promoveram a caracterização da vulnerabilidade natural das áreas de recarga, a partir dos tipos de solos existentes; ficou evidente, nessa caracterização, que os solos mais arenosos são mais vulneráveis, com destaque para o Neossolo Quartzarênico Órtico.

6. Susceptibilidade da Área à Infiltração de Solutos

A susceptibilidade da área de recarga à infiltração de solutos é elevada, considerando que o predomínio de solos arenosos, constituem-se em fatores determinantes dessa condição. Estudos de condutividade hidráulica, realizados por Gomes et al. (1996) e Gomes et al. (2002), revelaram valores elevados para os dois solos representativos das áreas de recarga. O Quadro 1, a seguir, sintetiza a situação das áreas de recarga do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto, SP, quanto à sua condição de vulnerabilidade natural, traduzida pela combinação de vários parâmetros de solo, dentre eles o potencial de infiltração. Essas informações permitiram concluir que a condição de potencial de infiltração de água no solo, classificado como alto, indica uma condição ambiental de *vulnerabilidade alta* frente a uma carga contaminante, o que pode ser indicativo de uma condição favorável, a priori, à contaminação do lençol freático. Para a condição de potencial de escoamento

mento alto/médio, a vulnerabilidade do lençol freático passa a ser baixa, uma vez que o contaminante tende a se escoar superficialmente, tornando o solo e, conseqüentemente, o lençol freático, menos expostos à condição de contaminação.

Quadro 1. Classificação expedita da vulnerabilidade em função da integração de informações de condutividade hidráulica, declividade do terreno, potenciais de infiltração, escoamento superficial da água e profundidade do lençol freático para os solos agrícolas.

Classe de Solo	Condutividade Hidráulica	Declividade do Terreno	Potencial Infiltração de Água	Potencial Escoamento de Água	Profundidade do Lençol Freático*	Vulnerabilidade
Latossolos Vermelhos Eutroférricos e Distroférricos argissólicos	Alta	Suave	Médio	Médio	Profundo a muito profundo	<i>Média</i>
Argissolos	Média	Suave ondulado	Médio/Baixo	Médio/Alto	Muito Profundo	<i>Média/Baixa</i>
Nitossolos Vermelhos Eutroférricos latossólicos	Alta	Acentuada	Médio	Médio	Profundo	<i>Média</i>
Latossolos Vermelhos Distróficos psamíticos	Alta/Muito Alta	Suave	Médio/Alto	Médio/Baixo	Profundo a moderadamente profundo	<i>Média/Alta</i>
Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos plínticos	Média	Suave	Médio	Médio	Profundo	<i>Média</i>
Neossolo Quartzarênico	Muito Alta	Suave	Alto	Baixo	Moderadamente profundo	<i>Alta</i>

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2002)

*Parâmetro tendo por referência o topo da zona saturada do aquífero Guarani na área ou o nível de base do córrego do Espreado.

Muito profundo: > 50 m; Profundo: 20 – 50 m; Moderadamente profundo: < 20 m.

7. Atividades Agrícolas na Área

As áreas de recarga do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto, SP, encontram-se sob um processo de cultivo intensivo de cana-de-açúcar, com utilização de agroquímicos em grande quantidade. Esta situação expõe a área à um perigo potencial de contaminação da água subterrânea. Essa hipótese é reforçada pela característica de alta vulnerabilidade natural das áreas de recarga (GOMES et al., 2002; SÃO PAULO. Instituto Geológico, 1997). Além do cultivo de cana nas áreas de recarga direta também são encontrados cultivos de amendoim, café, soja entre outras culturas e atividades agropecuárias, mas em menor escala quando comparadas ao cultivo de cana-de-açúcar que é dominante (Fig. 2).



Fig.2. Cenário representativo das áreas de recarga direta do aquífero Guarani, com cultivo de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto/SP.

8. Aspectos Sócio-Econômicos

Carrieri & Bastos Filho (1994) destacam que em se tratando da forma de gestão da propriedade, cada produtor trabalha de forma isolada, fundamentando sua administração em laços de amizade (também ressaltado como existente na área por Ribeiro (1986) ou caminhando para a gestão empresarial (profissionalização da administração). O crescimento urbano da cidade de Ribeirão Preto motivou a passagem da então agricultura familiar local, (onde

o proprietário residia no local e cuja finalidade da produção diversificada era garantir o sustento da família e ganhos para aquisição de gado e terras principalmente), para o agronegócio (empresas agrícolas), onde a propriedade passa a ficar sob a guarda de um administrador e instalada para assegurar a manutenção de seus proprietários na cidade. Com a entrada da cana-de-açúcar, e conseqüente arrendamento de terra para seu cultivo, alguns produtores de outras atividades agropecuárias se mantiveram como proprietários. No que se refere a outros impactos ambientais positivos e negativos na área de recarga, Carrieri & Bastos Filho (1994) também destacaram:

a) Impactos positivos

- Diminuição de custos de produção e manutenção de nível ecologicamente sustentável decorrente da diversificação de cultivo no talhão de cana, por cultivos de milho, amendoim e feijão;
- Presença de curvas de nível, terraceamentos, subsolagem e de outras práticas de conservação nas áreas de culturas e nas pastagens mais novas;
- Diversidade de produção, em algumas áreas, atrelada às oscilações de preços das atividades produtivas e a necessidade de autonomia econômica dos produtores;
- Atendimento às recomendações técnicas por parte dos produtores;

b) Impactos negativos

- Existência de agricultura irrigada por pivô central;
- Intensa movimentação de máquinas: grade aradora, subsolador, grade niveladora, barra pulverizadora, cultivo mecânico;
- Intensa aplicação de agrotóxicos, corretivos e fertilizantes aliados a constante lâmina de água fornecida pela irrigação;
- Presença de erosão por sulcos, nas áreas de pastagens mais velhas;
- Aumento de áreas de pastagens para produção de massa verde para a pecuária local;
- Presença de pecuária confinada.

Outros aspectos relacionados ao processo produtivo do setor e seus impactos ambientais são descritos por Ferraz et al. (2000), que os destaca nas diferentes fases. Entre esses aspectos, acrescentam-se àqueles já citados por Carrieri & Bastos Filho (1994), os problemas relacionados à queima da cana-de-açúcar na época da colheita (doenças respiratórias, liberação de gases de efeito estufa, etc), sazonalidade da mão de obra (entre outros problemas sociais recorrentes, incluindo aí as precárias relações de trabalho e de cidadania), concentração de terras, redução da biodiversidade (desmatamentos de novas áreas e implantação de monocultivos, implantação de agroindústrias que geram resíduos, tais como vinhoto, nitrato e metais pesados).

9. Agroquímicos Aplicados e Implicações Ambientais

9.1. Agrotóxicos

A Lei Federal nº. 7.802 de 11/07/89, regulamentada através do decreto nº. 4.074 de 04/01/2002, no seu artigo primeiro, inciso IV, define os termos “agrotóxicos e afins” como “Os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, afim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento”.

Os princípios ativos dos agrotóxicos possuem ação tóxica para controlar doenças, pragas e plantas invasoras na agricultura. Quando utilizado de forma incorreta e sem considerar as particularidades do próprio produto e dos agroecossistemas, podem representar perigo ao ambiente e à saúde humana. Esses produtos são classificados em função de parâmetros, que tornam conhecidos seus efeitos agudos (classificação toxicológica), seus efeitos ecológicos (em pássaros, organismos aquáticos e outros animais não alvo), seu comportamento ambiental (com relação ao solo, águas superficial e subterrânea e vegetação) e seu comportamento em humanos e animais. Baseado nessas informações, os produtos recebem registros para uso no País nas

respectivas culturas neles especificadas. Existe a possibilidade de ocorrerem contaminações ambientais diretas e indiretas, sejam elas por acidente, descuido, negligência ou falta de conhecimento para com o armazenamento, transporte e manuseio dos produtos.

Os principais processos que favorecem o transporte de agrotóxicos são a volatilização, a lixiviação (ou percolação para águas subterrâneas), o escoamento superficial (ou "run-off") e a evaporação.

O princípio ativo do produto governa a sua reação no ambiente, tais como a sua eficácia e eficiência no controle das pragas e doenças, sua mobilidade e sua degradabilidade. As suas propriedades inerentes, tais como solubilidade em água, polaridade e pressão de vapor, associadas àquelas encontradas no ambiente onde é aplicado, em decorrência dos processos naturais (temperatura, precipitação, vento e radiação solar), também podem afetar seu comportamento e destino culminando com o aparecimento de processos que geram impactos ambientais negativos como erosão (ou carreamento de solo culminando com o assoreamento de corpos d'água), salinização (geradas pelo uso inadequado de irrigação, principalmente), eutrofização (decorrente do uso incorreto de fertilizantes), contaminação por metais pesados (decorrentes do uso de água na cultura proveniente de corpos d'água localizados próximos a descargas diretas ou indiretas de minas e de indústrias manufaturadas); as chuvas ácidas, emitidas pela queima de combustível fóssil e transportadas pela atmosfera para outras regiões agrícolas, as quais causam acidificação de lagos e de águas superficiais; deriva de produtos, originada a partir de processos de evaporação e de volatilização das gotas de agrotóxicos produzidas pelos bicos de pulverização que, carregadas pelo vento, podem permanecer em suspensão no ar até que sejam depositadas em áreas não alvos propiciando contaminações indesejáveis de recursos hídricos, pessoas, animais, solos e plantas.

No que se refere à aplicação de agrotóxicos e o meio ambiente, com especial atenção para a qualidade das águas superficial e subterrânea, a orientação de maneiras corretas de aplicação dos produtos e de sua avaliação de eficiência devem ser formuladas atendendo também aos ciclos hidrológicos locais, os quais fornecem as conexões diretas entre as águas superficiais e subterrâneas em muitas regiões geológicas. Também há que se considerar que a recarga de lençóis subterrâneos dá-se, muitas vezes, durante a percolação da água (chuva ou irrigação) através de um solo não saturado, onde o movimento vertical da água é controlado tanto pela força da gravidade, como pela força de capilaridade.

Em solos arenosos, onde a condutividade hidráulica é elevada, problemas associados a lixiviação de agrotóxicos para camadas mais profundas de solo tornam-se maiores.

O risco de contaminação dos mananciais está associado a vários fatores, entre eles as propriedades inerentes dos produtos, as particularidades locais e o modo com que eles são lançados no ambiente.

Maiores detalhes sobre agrotóxicos e meio ambiente podem ser encontrados em Silva & Fay (2004).

9.2. Fertilizantes

O desenvolvimento vegetal depende da nutrição da planta, principalmente pelos elementos Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K). Por essa razão os agroecossistemas dependem fortemente da adição desses nutrientes ao solo para garantir a produtividade das culturas, uma vez que freqüentemente estão disponíveis no solo em quantidades insuficientes (GOMES et al., 2000).

O uso de fertilizantes nas atividades agrícolas, sem o devido cuidado quanto às formas de aplicação, bem como quanto às dosagens adequadas, podem elevar a presença de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) na água e assim favorecer o crescimento populacional de algas e plantas aquáticas – eutrofização – comprometendo a qualidade e quantidade da água. Outro efeito adverso decorrente do uso inadequado de fertilizantes nitrogenados, de forma excessiva, é a elevação da concentração de nitrato na água e no solo comprometendo a qualidade desses recursos.

A norma **NBR 9841 - Fertilizantes nitrogenados fosfatados e potássicos**, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, classifica tipos de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos.

Em particular, a perda de nitrogênio do solo pode ocorrer pela ação microbiana (bactérias denitrificadoras), pelo manejo utilizando fogo, por processos erosivos que carregam nutrientes para outras áreas ou pela lixiviação desses nutrientes para camadas mais profundas do solo, principalmente. Por essa razão, a agricultura brasileira gasta anualmente US\$ 1,8 bilhão em fertilizantes nitrogenados (Inter Press Service, <http://www.tierramerica.net/>

2003/0602/pecobrevs.shtml, consultado em 14/03/2005). Os principais fertilizantes nitrogenados são nitrato de amônio, uréia e sulfato de amônio. Maiores detalhes podem ser encontrados em http://sia.huaral.org/sia_uploads/ec06355af5fedeeef1ec61030822a9a09/FERTILIZANTES_NITROGENADOS.pdf. Dependendo das características encontradas no solo onde são aplicadas essas substâncias, processos físico-químicos podem contribuir para a acidificação do solo, ocorrência de nitrato em solo e água, entre outros perigos para o ambiente.

Gomes et al. (2000) cita que “o valor de 10mg/L de N-NO₃ é adotado em vários países como limite máximo tolerável para padrão de potabilidade da água”. Acrescentam que acima desse valor, poderiam ocorrer sérios problemas a saúde humana (metahemoglobinemia ou “síndrome do bebê azul”, distúrbios da tireóide, problemas de reprodução e aborto), principalmente crianças em seus primeiros anos de vida. Também salientaram problemas para animais, assim como a necessidade de se atentar ao uso de nitrato na área de afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, em função do uso de fertilizantes nitrogenados.

Ainda segundo Gomes et al. (2000) a Directiva 91/676/CEE, da Comunidade Européia, vem sendo usada como referência para a proposição de BPA´s para os países membros no que se refere ao limite máximo de nitrato em água potável, qual seja, 10 mg/L.

Na proposição das BPA´s deve ser considerada, para a redução dos níveis de nitrato em água, além do aporte de fertilizantes nitrogenados industrializados, também aqueles de origem animal (esterco) e outras fontes ainda questionáveis (resíduos), tais como lodo de esgoto aplicados no solo. Nesse contexto, as diretrizes devem apontar épocas onde existam restrições para a aplicação de fertilizantes, em funções da cultura, sistema de irrigação utilizado, tipos de solo e das condições climáticas locais. Há que se considerar também, se existentes, as condições encontradas nos criadouros de animais no que se refere ao descarte de dejetos.

9.3. Comportamento de Agrotóxicos

9.3.1. Biodecomposição ou atividade microbiana

A decomposição dos herbicidas pelos microrganismos leva a um importante papel na degradação de vários compostos. Neste processo, os microrganismos do solo utilizam a molécula do herbicida como fonte de alimento, Carbono (C) ou Nitrogênio (N).

Na maioria dos casos, também afetam a degradação dos herbicidas os mesmos processos que provocam a decomposição da matéria orgânica ou os processos de amonificação e nitrificação. Entre os fatores que aceleram a decomposição estão: a) temperatura do solo (com maior temperatura, maior atividade microbiana); b) umidade do solo; c) pH (em pH com valores menores do que 5 a atividade é reduzida, exceto com alguns microrganismos como o *Rhizobium*); d) aeração (com maior aeração, maior atividade microbiana).

Em geral, depois de aplicações sucessivas de um herbicida, a população de microrganismos que o utilizam como alimento aumenta, degradando-o cada vez mais rápido e encurtando assim sua persistência. Não se sabe muito em relação aos efeitos dos herbicidas sobre os microrganismos. Evidentemente, a indução de mudanças na flora microbiana, selecionando certas espécies ou raças, pode aumentar consideravelmente as reações do solo em seu conjunto. A velocidade com que os diferentes herbicidas são degradados por atividade microbiana é variável. Para 2,4-D e IPC, por exemplo, é de aproximadamente quatro semanas; dalapon, picloran e fenac são altamente resistentes e atrazina e diuron medianamente resistentes.

9.3.2. Adsorção

A adsorção é talvez um dos mais importantes fatores para condicionar a disponibilidade de um herbicida quando é aplicado no solo. A adsorção resulta da atração física ou química de uma substância a uma superfície. Pode-se considerar como um processo de equilíbrio entre a substância adsorvida das partículas do solo e a disponibilidade na sua solução. Uma parte das substâncias é atraída pelas partículas coloidais e outra parte integra a solução do solo, diretamente disponível para as plantas. A adsorção pode ter lugar na superfície das partículas de solo, ou pode ser interlaminar. Quando a

adsorção é interlaminar, como sucede com alguns herbicidas, sua liberação é muito mais difícil do que quando a retenção é na superfície. Entre os principais fatores que afetam a adsorção citam-se:

9.3.3. Textura do solo

Solos com alto teor de argila têm maior superfície de contato que os arenosos. Devido ao tamanho as partículas de argila, muito menores que as de areia, a área é maior por unidade de volume, afetando consideravelmente a dose de aplicação.

9.3.4. Tipos de argila

A adsorção de um produto químico à argila depende do número de cargas negativas e do número de camadas para cada argila, que varia de um mineral para outro. Considera-se que a intensidade da adsorção segue mais ou menos a capacidade de troca catiônica de cada argila, conforme é mostrado no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2. Capacidade de troca catiônica das principais argilas silicatadas e de restos orgânicos.

Argila	CTC (capacidade de troca catiônica – meq/100g)
Caolinita	5 a 15
Clorita	30
Ilita	10 a 50
Montmorilonita	500 a 100
Vermiculita	100 a 150
Argilas oxídicas (Fe e Al)	2 a 5
Matéria orgânica	200
Humus	150 a 500

9.3.5. Umidade

O conteúdo de água no solo pode impedir a adsorção dos herbicidas, efeito que é benéfico, já que eles podem permanecer disponíveis para as plantas. Porém, no caso de produtos voláteis (exemplo: EPTC, trifluralin e butilate), a umidade ocasiona a perda do composto por volatilização ao evaporar a água.

9.3.6. Temperatura

A temperatura interfere na sorção de agrotóxicos. Geralmente o aumento da temperatura do sistema solo-água provoca maior dessorção desses produtos químicos. Geralmente no processo de dessorção, há necessidade da atuação conjunta de outros fatores para que a temperatura seja potencializada, tais como maior solubilidade do produto, umidade mais elevada do meio, maior percentagem de fração areia no solo, como também maior valor de pH.

Há exceções para isto, tal como acontece com o herbicida EPTC, cuja solubilidade em água diminui com o aumento de temperatura.

9.3.7. Solubilidade

Para um grupo de herbicidas em particular, a solubilidade pode ser um indicador adequado de qual será seu comportamento com relação à adsorção.

Diuron – 42ppm – mais adsorvido; Linuron – 75ppm – menos adsorvido. Isto não é regra para outros grupos, porque o paraquat, por exemplo, é completamente solúvel em água e é um dos herbicidas mais fortemente adsorvidos.

9.3.8. pH

Seu efeito não é muito conhecido em relação a todos os herbicidas. O atrazina, por exemplo, é mais adsorvido quando o pH diminui, porque a concentração de íons de hidrogênio aumenta e alguns deles se associam com a molécula do produto, carregando-a positivamente; forma que é atraída ao coloíde, onde predominam cargas negativas.

Para 2,4-D, por exemplo, o aumento de pH (menos H) causa dissociação da molécula, passando a uma forma mais negativa que é menos adsorvida.

Em geral, os fenoxis, picloran, amiben, glifosato, dalapon, TCA são acidificantes, enquanto que paraquat e triazinas são básicos e, conseqüentemente, mais adsorvidos.

9.3.9. Lixiviação

Refere-se ao movimento do princípio ativo do agrotóxico com a água do solo ou nele aplicado; processo intimamente relacionado com o conteúdo de argila ou matéria orgânica, a solubilidade do herbicida e a quantidade de água que se move através do perfil. Em geral, há maior lixiviação quando os compostos têm maior solubilidade em água.

9.3.10. Volatilidade

É a mudança do estado líquido ao estado de vapor. Depende da pressão de vapor do composto, a qual está influenciada por vários fatores.

A pressão de vapor muda fundamentalmente com mudanças de temperatura. Aumentos na temperatura alteram o equilíbrio molecular, aumentando a pressão de vapor.

Exemplos: altamente voláteis: trifluralin, EPTC, vernolate; medianamente voláteis: 2,4-D (ésteres de alta volatilidade), CIPC e IPC; baixa volatilidade: uréias, triazinas; não voláteis: bromacil.

9.3.11. Decomposição química

É um processo não muito estudado, mas que é muito similar ao realizado pelos microrganismos. Os fatores que influem na decomposição microrgânica também afetam a decomposição química. As triazinas são decompostas quimicamente no solo. Várias reações, talvez similares às que ocorrem nas plantas, são responsáveis por este tipo de degradação, incluindo hidrólise como uma das mais comuns.

9.3.12. Fotodecomposição

A luz, especialmente a fração ultravioleta de seu espectro, altera o balanço de energia das moléculas, resultando, em alguns casos, no rompimento dos enlaces moleculares. Isso é particularmente correto para compostos contendo nitrogênio, que permanecem na superfície do solo, expostos a essa radiação.

10. Estudos Recentes

Para a área de afloramento do Aquífero Guarani, em Ribeirão Preto, SP, um grande acervo de informações foi levantado e disponibilizado por várias instituições do Estado de São Paulo, entre elas Embrapa Meio Ambiente; Faculdade de Farmácia Bioquímica- Universidade de São Paulo campus de Ribeirão Preto; Laboratório de Geoprocessamento- UNAERP de Ribeirão Preto; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT; Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE; Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental-CETESB; Instituto Geológico-IG; Instituto Biológico-IB; Instituto Agrônomo de Campinas-IAC/Apta, entre outras. Informações disponibilizadas pelo Programa Alimento Seguro do campo à mesa – segmento campo (convênio SEBRAE/ SENAI/Embrapa) também são passíveis de serem utilizadas na proposição de BPA´s para a área. Entre as informações disponíveis citam-se:

- a) Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo (SÃO PAULO. Instituto Geológico, 1997);
- b) Mapeamento georreferenciado das culturas (Embrapa Meio Ambiente);
- c) Mapeamento Georreferenciado de Solos (Embrapa Meio Ambiente; Unaerp/Ribeirão Preto);
- d) Avaliação do comportamento de agrotóxicos aplicados em cana-de-açúcar (Embrapa Meio Ambiente; USP/Ribeirão Preto; Instituto Biológico);
- e) Avaliação do potencial de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por modelos “screening” e simulação de sistemas (Embrapa Meio Ambiente);
- f) Análise de resíduos de herbicidas em água (USP/Ribeirão Preto e Embrapa

Meio Ambiente);

g) Avaliação de práticas de plantio direto (IAC/Apta);

h) Métodos simples para quantificação das perdas de agrotóxicos (Embrapa Meio Ambiente);

i) Geostatística e simulação de processos aplicadas às áreas de afloramento do Aquífero Guarani (Embrapa Meio Ambiente);

j) Manuais de segurança e qualidade para as culturas de milho, cenoura, alface minimamente processada, amendoim, café (PAS_campo – convênio SEBRAE/SENAI/Embrapa);

k) Elementos de apoio para as BPA (PAS_campo – convênio SEBRAE/SENAI/Embrapa);

l) Elementos de apoio às boas práticas agropecuárias da produção leiteira (PAS_campo – convênio SEBRAE/SENAI/Embrapa);

m) Guia de verificação de sistemas de segurança na produção agrícola (PAS_campo – convênio SEBRAE/SENAI/Embrapa);

n) Manual de segurança e qualidade para a produção leiteira (PAS_campo – convênio SEBRAE/SENAI/Embrapa);

o) Manual de BPA e Sistema APPCC (PAS_campo – convênio SEBRAE/SENAI/Embrapa);

p) Material do projeto de educação ambiental da Embrapa Meio ambiente para sensibilização dos agentes locais da área de afloramento para a questão ambiental atrelada às atividades humanas em diferentes formas de linguagem e estímulos, bem como para a formação de monitores ambientais locais (Embrapa Meio Ambiente);.

Maiores informações sobre essas aplicações podem ser encontradas em Araújo et al. (1995), Bonato et al. (1999), Carrieri & Bastos Filho (1994), Cerdeira et al. (2005; 2004; 2002a,b; 2000; 1998), Chaim et al. (2004), Coutinho et al. (1996), SÃO PAULO. DAEE (1974), Dornelas de Souza et al. (2000; 1997), Embrapa-CNPMA(2002; 2001; 1999), Ferraz et al. (2000),

Filizola et al. (2002), Foster & Hirata (1993), Gomes et al. (2002; 2001; 2000; 1996ab), Gomes & Spadotto (2001); Gomes (1995); IPT (1994, 1988), Lanchote et al. (2000 a,b), Luchini et al. (1997), Luiz et al. (1996), Matallo et al. (2005, 2003), Melo Filho et al. (1985), Miklós & Gomes (1996), Musumeci et al (1995), Neves et al. (1998; 1997ab), Oliveira & Salomão (1992), Pessoa et al. (2003; 1999; 1998; 1997ab), Queiroz et al. (2004 a,b), Queiroz et al. (1999), Rocha (1996), Rocha et al. (1997), São Paulo. Instituto Geológico (1997), São Paulo. Plano Estadual de Recursos Hídricos (1990), Segnini et al. (2004), Spadotto et al. (2005; 2004; 2003 ab; 2002; 2001,1995), Tsihrintzis et la. (1996), entre outros.

Recentemente, alguns programas computacionais foram usados em projetos da Embrapa Meio Ambiente para avaliação de tendências do potencial de transporte de agrotóxicos, por modelos *screening* utilizados internacionalmente, como o **AGROSCRE** (PESSOA et al., 2004a), inclusive para vários compartimentos do ambiente e da planta (PARAÍBA & MIRANDA, 2003). Essas informações podem ser utilizadas agora, de forma integrada e fazendo uso de outras ferramentas, a exemplo do **EROSYS** (FERNANDES, 1997), aliadas aos manuais de programas de melhoria de qualidade e de segurança do alimento tais como aqueles apresentados em: ELEMENTOS DE APOIO PARA AS BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E O SISTEMA APPCC. (2004 a); ELEMENTOS DE APOIO PARA AS BOAS PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS NA PRODUÇÃO LEITEIRA (2004b); Guia de verificação de sistemas de segurança na produção agrícola (2004); MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E SISTEMA APPCC (2004); MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE PARA A PRODUÇÃO LEITEIRA (2004); MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE PARA A CULTURA DO CAFÉ (2004); MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE PARA A CULTURA DO MILHO (2004); MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE PARA A CULTURA DA CENOURA (2004); MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE PARA A CULTURA DO AMENDOIM (2004); MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS E SISTEMA APPCC (2004); MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE ALFACE MINIMAMENTE PROCESSADA (2004); entre outros.

Spadotto et al. (2004) também apresentaram recomendações para o monitoramento do risco ambiental, em particular, para agrotóxicos.

Dessa forma, esse grande acervo de informações, inclusive georreferenciado, da área de afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, acrescido da contribuição do PAS_campo e de outras a serem resgatadas junto às propriedades rurais, secretarias municipais e demais instituições

locais tornam-se imprescindíveis para o planejamento ambiental da área de afloramento do Aquífero Guarani, e para a implantação de um programa de BPA´s local.

11. Métodos de Análise de Riscos

O processo de planejamento vem sendo apontado por vários autores como o ponto chave para a integração harmoniosa entre o desenvolvimento e a necessidade de proteção e de conservação do meio ambiente. Segundo Mafra (1999) esse processo deve levar em conta a possibilidade de usos diferentes do atual e suas respectivas limitações. Por essa razão, a avaliação de risco, inserida no contexto da análise de risco, vêm sendo apontada como fase primordial tanto à planificação territorial, propriamente dita, quanto ao seu ordenamento.

Define-se por **risco**, a probabilidade de que uma situação física com potencial de causar danos (perigo) possa acontecer, em qualquer nível, em decorrência da exposição, durante um determinado espaço de tempo, a essa situação.

Para descrever o processo de avaliação de risco, a Academia Nacional de Ciência dos Estados Unidos (NAS) identificou quatro passos distintos a serem considerados (NEELY, 1994):

- a- Identificação de perigo: onde é avaliado o tipo de consequência causada pelo risco de exposição ao agente;
- b- Estabelecimento de relações entre a quantidade representativa da presença do agente (concentração ou dose) e a incidência de efeito adverso;
- c- Avaliação de exposição ao perigo: onde são estudadas a freqüência e incidência de exposição ao perigo na presença do agente em quantidades causadoras de efeitos adversos;
- d- Caracterização do Risco: onde é estimada a incidência de efeitos a saúde sob diferentes condições de avaliação de exposição.

A **análise de risco** examina cada parte do processo de risco para conhecer a sua natureza como um todo. Assim, além de avaliar o risco, no sentido de estimar ou julgar a sua qualidade ou quantidade, a análise também valora, monitora e comunica (esta no sentido de responder sobre as implicações do risco).

Segundo a ***Environmental Protection Agency-EPA/USA***, o processo de avaliação de risco “fornece uma forma para desenvolver, organizar e apresentar informações científicas de modo que ela seja relevante à tomada de decisão ambiental”. Nesse sentido, a análise de risco é necessária principalmente para:

- a) estabelecer a existência, ou não, de perigos ambientais (ecológicos, econômicos e sociais) que conduzam ao risco de ocorrência do efeito adverso;
- b) identificar a necessidade de obtenção e organização de informações para as avaliações;
- c) enfocar o perigo de um poluente específico ou o risco de exposição de um local específico à sua presença;
- d) estabelecer tendências, probabilidades ou incertezas relacionadas a ocorrência de efeitos ou de condições propícias ao perigo em decorrência da exposição;
- e) contribuir no desenvolvimento de planos de prevenção, mitigação e de outras respostas a poluentes.

Tratando especialmente da avaliação de risco ambiental relacionada a exposição a químicos, Neely (1994) a define como “*a caracterização do efeito potencial adverso causado em seres humanos expostos a químicos no ambiente*”. Assim, o efeito citado considera a atividade exercida no ambiente, cujos aspectos mais importantes para a geração de impactos negativos devam ser avaliados (PESSOA & SCRAMIN, 2004).

Segundo Botelho (1999) o conceito de microbacia está fortemente relacionado a projetos de planejamento e de conservação ambiental por tratar-se de uma “célula natural que pode, a partir de seu ponto de saída, ser delimitada e ter seus divisores de água observáveis em campo. Por essa razão essa unidade natural de análise de superfície tem sido utilizada em estudos de

inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação” e em “atividades de planejamento do uso das terras”.

Desse modo, a análise de risco de ocorrência de determinado perigo, quando conduzida em microbacias, auxilia na identificação da vulnerabilidade dos recursos naturais, no estabelecimento de prioridades de coleta de dados e na compreensão integrada do relacionamento das atividades humanas ao seu efeito potencial. Assim, fornece um ponto focal para a cooperação entre comunidades locais e as instituições estadual e federal, uma vez que seus resultados fornecem uma base de informação para a comparação de diferentes opções de manejo dos recursos ecológicos, ponto primordial para a eficiente tomada de decisão.

Dependendo do perigo observado, são relevantes a quantidade de variáveis e de fatores a serem avaliados na análise de risco. As ferramentas computacionais disponíveis para essa análise são, portanto, de grande auxílio tanto para a organização das informações locais quanto na visão sistêmica do problema ou na aplicação de métodos para a proposição de cenários alternativos.

Existem várias ferramentas para uso na análise de risco. Entre elas citam-se:

- **Inventários do meio físico** - apresentam levantamentos das condições ambientais naturais locais subsidiando o processo de avaliação. Essas informações contemplam dados meteorológicos, geomorfológicos, hidrogeologia/hidrografia, pedológicos, vegetação, uso e ocupação, entre outras. As atividades de manejo da área também são fundamentais, tais como, manejo da irrigação, do solo e das culturas, além das relacionadas ao histórico de ocupação da área e aspectos culturais locais (IPT, 1994; NEVES et al., 1997ab; GOMES et al. 1996ab; SPADOTTO et al., 1995; SÃO PAULO. DAEE, 1974, entre outros);
- **Técnicas de modelagem matemática e de simulação de sistemas** – tratam-se de ferramentas matemáticas e computacionais para análise de tendências mediante avaliação de cenários futuros atuais e/ou alternativos, entre outras aplicações (PESSOA et al., 1997; PESSOA & SCRAMIN, 2004);
- **Técnicas de Inteligência Artificial** – as técnicas de inteligência artificial, em particular o uso de sistemas especialistas, possibilita que a experiência de

diversos especialistas sobre um dado assunto esteja disponível em um programa computacional, incluindo formas heurísticas, e que seja resgatada isoladamente ou integrada, sempre que demandada (FERNANDES, 1994; 1995; 1998). Cita-se, em particular, o método proposto por Fernandes (1998) utilizando técnicas de sistemas especialistas, modelagem matemática e sistemas de informações geográficas integradas em um único sistema computacional, que culminou no software **EROSYS** (FERNANDES, 1998; FERNANDES et al. 2003). Este programa é uma ferramenta fundamental na avaliação de risco, no que se refere a proposição de estratégias alternativas de manejo e uso da terra agrícola, considerando aspectos de aptidão agrícola das terras, tendências a erosão, uso potencial e atual das terras, possibilitando avaliar o impacto ambiental;

· **Uso de traçadores e de produtos marcados** - essa técnica consiste em utilizar uma substância química ou radioativa, que após ser introduzida na água, solo, atmosfera, seres vivos (animais, plantas, ser humano), permite ser acompanhada e, conseqüentemente, monitorada para o teste de hipóteses relacionadas ao comportamento de produtos e fluxos no ambiente (LLEDÓ et al., 1998; FERRACINI et al., 2003);

· **Técnicas de geoprocessamento** – a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta útil na estruturação de dados geoambientais locais possibilita o cruzamento de informações georreferenciadas, apresentadas em mapas temáticos, passíveis de cruzamentos com outros resultados advindos de outras técnicas. São, assim, importantes no monitoramento do uso e ocupação da terra, no zoneamento agroecológico, na análise da quantidade e disponibilidade dos recursos naturais, entre outras (ASSAD & SANO, 1998; TSIHRINTZIS, 1996; NEVES et al., 1998).

· **Técnicas de geoestatística** - permitem detectar e modelar os padrões da dependência espacial dos atributos de um dado local e, assim, auxilia na avaliação de risco associado. Por essa razão, essa técnica vem sendo eficaz na avaliação do estado de poluição do meio hídrico subterrâneo, pois permite quantificar a incerteza subjacente a fenômenos hidrogeológicos.

Os riscos de contaminações de solo e água na área de recarga do Aquífero Guarani, em Ribeirão Preto, intensificam-se pela associação da vulnerabilidade natural da área à exposição aos agroquímicos, particularmente nitrato e agrotóxicos, e pelos fluxos preferenciais do solo. Acrescenta-se

também a esse cenário, o uso incorreto dos agroquímicos nas culturas que potencializa a disseminação de compostos na cadeia trófica (bioacumulação), assim como o transporte por lixiviação e por escoamento superficial desses produtos, principalmente adsorvidos às partículas de solo, entre outros, com potencial para impactar a qualidade das águas superficial e subterrânea, e assim afetar de forma negativa os sistemas hídricos das áreas rurais, principalmente aqueles junto às áreas de recarga de aquíferos.

Uso e manejo da água

A qualidade da água utilizada na propriedade deve ser monitorada quanto a aspectos potenciais de contaminação como, por exemplo, por agroquímicos (fertilizantes nitrogenados e agrotóxicos utilizados, principalmente), assim como para contaminações microbiológicas ou decorrentes de fontes potenciais de poluição encontradas na proximidade do local de cultivo.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB apresenta os principais parâmetros e índices que devem ser monitorados para fins de avaliação da qualidade de águas de São Paulo (CETESB, 2001). Entre os parâmetros citam-se:

- a) Parâmetros Físicos: temperatura da água e do ar, série de resíduos (filtrável e não filtrável), absorvância no ultravioleta, turbidez e coloração da água;
- b) Parâmetros químicos: pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico dissolvido, potencial de formação de trihalometanos, série de nitrógeno (Kjeldahl, amoniacal, nitrato e nitrito), fósforo total, ortofosfato solúvel, condutividade específica, surfactantes, cloreto, fenóis, ferro total, manganês, alumínio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo total, níquel, mercúrio e zinco;
- c) Parâmetros microbiológicos: coliforme fecal, *Giardia sp.*, *Cryptosporidium so.*, *Clostridium perfringens* e estreptococos fecais;
- d) Parâmetros Hidrobiológicos: clorofila-a;
- e) Parâmetros Ecotoxicológicos: teste de toxicidade crônica a *Ceriodaphnia dubia*, teste de Ames para avaliação de mutagenicidade e sistema Microtox.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA), proposto pela CETESB (CETESB, 2001) incorpora 9 parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade das águas para fins de abastecimento público. São eles: coliformes fecais, nitrogênio total, pH, DBO, Fósforo total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido.

O Índice de Calson Modificado (IET) é avaliado para determinar o estado trófico do corpo hídrico considerando clorofila-a e fósforo total (CETESB, 2001).

Em CETESB (2001) anexos, também são apresentadas as definições pertinentes a cada um dos parâmetros e índices descritos anteriormente, bem como importância para a avaliação.

A Resolução CONAMA n.20 de 1986 e a Lei 997 de 31/05/1976, aprovada por **Decreto Estadual n. 8468 de 08/09/1976**, apresentam alguns padrões de referência e critérios de classificação da qualidade da águas pelo tipo de uso.

Considerações expressas pela CETESB relacionadas a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 04, Pardo, que contempla 23 municípios, inclusive Ribeirão Preto, também podem ser utilizadas na identificação de informações para a proposição das BPA's de cana-de-açúcar.

Acrescenta-se que para algumas das análises podem ser utilizados kits desenvolvidos para avaliação de parâmetros físico-químicos e biológicos, além de sondas multi-parâmetros, bem como avaliações de análise de resíduos de agrotóxicos, aplicados na cultura, em água, solo e planta, elaboração de uma grade de uso de agrotóxicos que preferencialmente deverá ser utilizado em consonância com programas de Manejo Integrado de Pragas e Doenças da cultura, elaborados para o local.

Aspectos relacionados à fiscalização de uso de receituário agrônômico na compra de agroquímicos também podem favorecer o uso de produtos indicados ao cultivo e ao meio ambiente.

Em cultivos irrigados devem ser evitados desperdícios no uso da água utilizando-se métodos de manejo e controle da água aplicada.

12. Boas Práticas Agrícolas (BPA´s) Visando a Proteção da Área de Afloramento do Aquífero Guarani.

12.1. Subsídios para a elaboração do protocolo de BPA´s para culturas prioritárias

A Embrapa já trabalha na proposição de códigos de BPA´s desde a consolidação do convênio de cooperação internacional FAO/Embrapa, que elencou alguns produtos para sugestão de aplicação ao "*Common Code on Good Agricultural Practices*" do PRODS-PAIA da FAO. Esses produtos, a saber, soja, hortaliças, manga, milho, melão, gado de corte, gado de leite, suínos e aves foram trabalhados durante o Workshop Embrapa/FAO sobre Boas Práticas Agrícolas, realizado em Brasília de 12 a 15 de agosto de 2002, cujos resultados foram disponibilizados em <http://www22.sede.embrapa.br/sci>. As BPA´s foram formuladas especificamente para cada sistema agropecuário estabelecendo considerações desde a escolha do terreno e de variedades até aspectos relacionados ao uso do solo, de sementes e mudas, da implantação de pomares, de fertilização e nutrição de plantas, de irrigação, de práticas de conservação do solo e da água, de Manejo Integrado de Pragas, de tratamentos culturais, da colheita, do pós-colheita, de higiene e segurança e de gestão ambiental da propriedade. Para as atividades de pecuária, foram considerados projeto técnico relativo a metas de produção, fluxos de produção, *layout* de instalações, equipamentos, manejo, entre outros já citados.

Essa atividade juntamente ao Programa Alimento Seguro do campo à mesa (PAS_campo, convênio SENAI/SEBRAE/Embrapa), viabilizaram a apresentação de estratégias e de documentos de apoio à implantação de Boas Práticas Agrícolas, concomitantemente ao Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) aplicados a alguns dos produtos agropecuários já citados, como também para outros de interesse comercial do nosso país (ELEMENTOS, 2004).

O PAS-campo elaborou materiais de apoio e um *check-list* para as BPA´s inseridas no seu programa atual, que poderão ser utilizados como referência para a elaboração das BPA´s na área de afloramento do Aquífero Guarani, para suas culturas agrícolas prioritárias.

Assim, o convênio FAO/Embrapa de 2002 e o Programa Alimento Seguro do campo à mesa - PAS_campo (Convênio SENAI/SEBRAE/Embrapa), já citados

anteriormente, viabilizaram procedimentos em consonância com orientações do *guideline* "Good Agricultural Practices" do PRODS-PAIA da FAO. Este protocolo de BPA da FAO vem sendo utilizado em todo o mundo como referência de protocolos de BPA´s que atendam as expectativas de produtores, consumidores e aspectos de conservação ecológica.

Surge, dessa forma, um protocolo para elaboração de Boas Práticas Agrícolas, de modo a que elas sirvam como diretrizes:

- a) ao desenvolvimento sustentável da agricultura;
- b) à busca de conciliação de fatores de qualidade, de proteção e segurança do trabalhador e do consumidor, de redução imediata de impactos ambientais negativos e de economia e de maior confiança ao produto oferecido, decorrentes de maior conhecimento, percepção e compromisso de pessoal para as questões ambientais;
- c) de fomento ao maior reaproveitamento e conservação de recursos materiais e naturais, evitando refazer o mesmo trabalho;
- d) de fomento ao maior conhecimento sobre o efeito da utilização de práticas agropecuárias no ambiente do sistema de produção.

Em particular na área de afloramento, o monocultivo extensivo de cana-de-açúcar é predominante, expondo-a a perigos. Conseqüentemente, essa área requer maior cuidado com o manejo da cultura considerando as particularidades do local e que, portanto, incorporando práticas imprescindíveis à sua sustentabilidade e, conseqüentemente, a proteção do recurso hídrico subterrâneo.

Para se caminhar em direção a uma agricultura sustentável, há sempre que se ter em mente que o foco desejado não seja somente a produtividade das culturas e dos animais, mas sim o aproveitamento do potencial inerente que todo ser vivo congrega, (integrando plantas e animais em determinado ecossistema), para produção considerando os fluxos de energia a eles associados – a capacidade de suporte do meio ambiente. Para tanto são necessários esforços visando a melhor compreensão das inter-relações que ocorrem nos agroecossistemas, valendo-se dos conceitos de agroecologia, não se esquecendo que em tudo isto está o objetivo de uma relação harmônica do homem com o ambiente, onde os benefícios advindos sejam uma conquista de

todos e não o privilégio de grupos ou setores da sociedade (FERRAZ, 1999).

De forma geral, as BPA´s devem apresentar considerações quanto ao que é necessário, recomendado e proibido no contexto do sistema de produção específico para o local que a tenha adotado, considerando em sua formulação aspectos relativos ao mercado principal a ser atendido, a vulnerabilidade dos recursos naturais, zoneamentos agro-ecológicos, análise de risco, legislação vigente, segurança e o bem-estar do trabalhador rural.

Por essa razão, os programas de BPA´s devem contemplar aspectos relacionados ao planejamento da implantação do sistema agropecuário, tais como escolha da área onde a prática deva ser inserida, qualidade das sementes, raças, instalações, uso e manejo do solo e da água, controle de pragas e doenças (sempre no contexto de MIP- Manejo Integrado de Pragas), de equipamentos, de resíduos, do armazenamento e destino de embalagens, de tratos pré-colheita, colheita e pós-colheita, de higiene e segurança do trabalhador e de legislação, principalmente. Maiores considerações sobre as Boas Práticas Agrícolas e de Meio Ambiente podem ser encontradas em Chaim et al. (2004).

As BPA´s específicas para as culturas de determinada área estariam fomentando ações de melhoria contínua nos sistemas de produção, incorporando aspectos voltados para a sua sustentabilidade agrícola, assim como uma maior percepção ambiental e capacitação dos produtores locais, implicando diretamente nos processos de qualidades ambiental dos produtos agropecuários (CHAIM et al., 2004). Nelas devem constar, aspectos relacionados ao meio físico, aos sistemas de produção vigentes, a tecnologia de aplicação de agrotóxicos empregada, ao descarte de resíduos, a atenção à legislação vigente, entre outros. Trabalho desenvolvido por Chaim et al. (2004), por exemplo, evidencia os principais problemas ambientais passíveis de minimização pelas BPA´s.

Em se tratando da implantação de uma nova área de cultivo, aspectos relacionados à escolha da variedade utilizada, como também as considerações das características agro-ambientais locais, aptidão agrícola e de capacidade de uso das terras, bem como do zoneamento agroclimático da área, devem ser priorizadas (CHAIM et al., 2004).

Estratégias de MIP, onde são estabelecidos métodos de controles cultural, biológico e químico, visando restabelecer a população de pragas e doenças

das culturas aos níveis populacionais aceitáveis à sua produção comercial, também devem ser indicadas nas BPA´s. Essa prática é recomendada, pois a utilização dos métodos de MIP vem favorecendo amplamente a melhoria da qualidade ambiental do sistema de produção, uma vez que é dada prioridade aos métodos culturais e biológicos (sempre que disponíveis para a cultura) em caráter preventivo, em detrimento ao uso de métodos químicos (controle por agrotóxicos, por exemplo) (CHAIM et al., 2004).

No que se refere ao controle químico, as BPA´s devem estabelecer procedimentos direcionados à aplicação de agrotóxicos, bem como orientações sobre o uso correto do produto para culturas específicas, considerando a ecologia e a dinâmica populacional de suas pragas e doenças, a atenção a intervalos de segurança e a escolha de produtos menos persistentes, conciliando a demanda de produção agrícola com a conservação do meio ambiente. Dessa forma é imprescindível que sejam formuladas após a elaboração de uma grade de agrotóxicos para a cultura, bem como do levantamento de seus limites máximos de resíduos aceitáveis, em função do mercado a que os produtos se destinam. Também devem constar aspectos relacionados aos equipamentos usados na aplicação do produto, calibração, preparo da calda, avaliação da eficiência da aplicação e descarte de calda e de embalagens de produtos. A manutenção e a calibração de equipamentos, em geral, também deve ser ressaltada (CHAIM et al., 2004).

As BPA´s também devem indicar diretrizes que alertem o produtor para a necessidade de monitoramento local nos pontos de controle do processo produtivo mais susceptíveis aos perigos de contaminações, onde devem ser realizadas análises laboratoriais (CHAIM et al., 2004). É indispensável que nelas estejam salientadas as necessidades legais vigentes (Vide Anexo1), como também destacados os cuidados essenciais em relação a implementos e máquinas agrícolas de forma geral. Cuidados com o preparo do solo, irrigação das culturas, colheitas, transporte e outras etapas de pré e pós-colheita também devem ser salientadas (CHAIM et al., 2004).

De forma geral, Chaim et al. (2004) também apontam a necessidade de fomentar a adoção de recomendações orientadoras, tais como a avaliação de risco climático, aptidão agrícola, aspectos de conservação de solo, etc. Os mesmos autores recomendam agregar à proposição de boas práticas, o maior levantamento de conhecimento possível de fatores que influenciaram a formação do solo da área agrícola, tais como relevo, clima, fatores geológicos (material de origem) e biologia do solo. Os autores reforçam que esses parâmetros sinalizam a possibilidade de ocorrência de problemas de

toxicidade para a planta ou problemas de ordem física e química, tais como a drenagem, percolação, lixiviação e escoamento superficial, o aparecimento de fendas (fluxos preferenciais que favorecem a lixiviação), a orientação correta do uso de insumos e fertilizantes, bem como do uso de implementos agrícolas mais apropriados às suas características (LEPSCH, 2002; EMBRAPA, 1999; VIDAL-TORRADO, 2002). Assim, a realização de análises de solos, é imprescindível para a orientação de práticas corretas, que minimizem impactos ambientais negativos.

As BPA´s devem, ainda, sinalizar procedimentos orientados para a necessidade de monitoramento de agentes de contaminação biológica, principalmente, como também atentar aos fatores que podem contribuir para o processo de salinização de solos, sejam esses fatores naturais ou induzidos por atividade antrópica (irrigação ou aplicação de fertilizantes nitrogenados).

Considerando-se as possíveis fontes potenciais de poluição dos recursos hídricos, tais como os resíduos industriais, esgotos domésticos, resíduos de origem agropecuária e aqueles decorrentes de outras atividades humanas (lixo, por exemplo), Chaim et al. (2004) indicam que devem ser salientadas práticas que minimizem seus impactos ambientais na qualidade da água, sejam por contaminações biológicas e químicas, alterações físico-químicas, perda de recursos para uso em diferentes fins, assoreamentos, etc. Nesse contexto, os autores reforçam os cuidados com o lançamento dos dejetos de criações e dos esgotos da propriedade rural, que devem ser considerados, pois são fontes de bactérias, larvas de parasitas, vírus, além de fonte de matéria orgânica que, uma vez nos corpos d'água, favorecem o aumento populacional de algas, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos, seja pela eutrofização ou pela liberação de toxinas. Chaim et al. (2004) também destacam que concomitantemente, as BPA´s devem apoiar a escolha de locais apropriados para a construção de aterros, criadouros de animais (esterco) e para procedimentos voltados para saneamento básico. Também apontam que o protocolo deve atentar a proposição de medidas corretas de aplicação de agroquímicos na propriedade (agrotóxicos e fertilizantes principalmente, orientados preferencialmente por programas de Manejo Integrado de Pragas).

O acúmulo de substâncias minerais (areia ou argila), solo erodido e carregado por enxurradas ou mesmo substâncias orgânicas (lodo), decorrentes de práticas inadequadas de manejo do solo, também são ressaltados por Chaim et al. (2004), pois reduzem a profundidade e o volume dos corpos d'água (processo de assoreamento), gerando a qualidade inadequada para alguns tipos de uso e

até mesmo ausência total da disponibilidade do recurso natural na propriedade. Assim, as BPA's, segundo esses autores, devem priorizar a realização de análises de parâmetros físicos, químicos (incluídos os relacionados a metais pesados e resíduos de agrotóxicos em água ou em sedimentos de fundo) e biológicos, de qualidade de água, em pontos críticos de controle, com periodicidade de monitoramento definida em função do risco de exposição dos diferentes agentes, limites críticos e ações corretivas.

O tratamento de resíduos da propriedade também deve ser considerado nessas diretrizes. Além dos problemas relacionados a quantidade e qualidade dos recursos hídricos a presença de lixo aumenta a população de insetos, pragas e roedores na propriedade, podendo causar problemas à saúde do trabalhador rural e prejudicar a qualidade dos produtos agropecuários, implicando em maiores despesas para o controle. Acrescenta-se também que o reaproveitamento de materiais deve ser favorecido, sempre que possível, estimulando práticas de redução, reutilização e pré-ciclagem de materiais, bem como o descarte correto do lixo, principalmente os "tóxicos", como pilhas e embalagens de produtos agropecuários, que devem ter descarte e destino apropriados para evitar contaminações do solo, água, culturas e do trabalhador (CHAIM et al., 2004).

As BPA's também devem sinalizar a importância das Áreas de Preservação Permanentes (APP) na propriedade agrícola presente no Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771 de 15/09/1965). Tratam-se de áreas "...cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas". As definições e limites das APP's são apresentados, em detalhes, na Resolução CONAMA nº 303 de 20/03/2002 (CHAIM et al., 2004).

As atividades agropecuárias no contexto das BPA's podem e devem minimizar os desmatamentos e queimadas abusivas, bem como a degradação da qualidade do ar pode ser provocada pela presença de poluentes (monóxido de carbono, dióxido de enxofre, ozônio troposférico, dióxido de nitrogênio, etc.) acima da capacidade do meio em absorvê-los. Estes podem tornar a qualidade do ar nociva à saúde humana ou comprometer a fauna e a flora. Aumentos recentes nas concentrações de gases traço na atmosfera, devido à atividade antrópica, têm levado a um impacto no balanço de entrada e saída de radiação solar do planeta, acarretando, supostamente, o seu aquecimento. A queima da cana-de-açúcar provoca a emissão de gases de efeito estufa, e portanto estratégias de minimização dessas emissões devem ser implanta-

das nos programas de BPA´s específicos para a área de afloramento do Guarani (<http://www.mct.gov.br/clima/comunica.old/pdf>) (CHAIM et al., 2004).

A atenção a legislação também deve estar sempre sinalizada nas BPA´s, assim como aspectos que propiciem uma melhor condição geral de higiene e sanitização da propriedade e do trabalhador rural (CHAIM et al., 2004).

Chaim et al. (2004) acrescenta que a apropriação da noção da multifuncionalidade pela importante corrente social e política em torno da agricultura de base familiar e dos assentamentos rurais no Brasil, dotará seus integrantes de novos elementos sobre o papel que este tipo de agricultura pode cumprir numa economia mercantil, compatível com o desenvolvimento sustentável devendo ser, portanto, considerada nas propostas de BPA´s quando aplicáveis. Esses autores também chamam a atenção para a atuação do principal programa governamental de apoio à agricultura familiar e de desenvolvimento rural no Brasil, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF, em suas várias linhas de atuação, que já expressa um tipo de abordagem mais amplo sobre o papel da agricultura no desenvolvimento e sobre as características desta atividade, embora sem fazer utilização explícita da noção de multifuncionalidade (SILVEIRA & FERRAZ, 2002).

Nesse contexto, buscar-se-á atuar na capacitação e formação de agentes multiplicadores de conceitos de educação ambiental propriamente dita, conciliados a processos de gestão ambiental e de elaboração das BPA´s, conforme método já disponibilizado no Projeto de Educação Ambiental da Embrapa Meio Ambiente. Assim, as BPA´s devem incorporar ações voltadas a capacitação, orientação, documentação de atividades e de educação agro-ambiental (HAMMES, 2002a,b,c,d,e). Também poderá fazer uso de material disponibilizado por esse mesmo projeto, que apresenta o tema em linguagem acessível ao ensino fundamental (QUEIROZ & PESSOA, 2003; GOMES et al., 2003; SKORUPA, 2004; FERRAZ et al., 2004; FERRACINI et al. 2004; CHAIM et al., 2004; RODRIGUES et al., 2004; EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 2003-CD).

Sendo a Educação Ambiental o ponto chave para a conscientização ambiental dos agentes locais, torna-se necessária a efetiva percepção do ambiente de produção vigente no contexto do paradigma da sustentabilidade e no fomento à participação na construção da proposta e de mudança comportamental local, essa mudança, no entanto, passa pela compreensão da importância, escolha e adoção de práticas agregadas ao conceito das

BPA's que devem estar atreladas a programas de Educação Ambiental. Percebe-se, portanto, que o processo de educação ambiental deve ser inserido localmente como o primeiro passo na busca das BPA's pretendidas. A partir dele, poder-se-á inserir os efetivos agentes locais no processo de busca dessas práticas, cuja vivência local será fundamental na identificação de problemas, na proposição de BPA's factíveis e no engajamento coletivo de seus agentes, para sua posterior disseminação e fixação local.

13. Propostas de Boas Práticas Agrícolas (BPA's) visando a proteção da área de afloramento do Aquífero Guarani - práticas passíveis de utilização das BPA's

13.1. Práticas conservacionistas de solo passíveis de adoção nas áreas de recarga do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto.

O preparo do solo é considerado no setor técnico canavieiro como uma das mais importantes práticas agrícolas e pode ser realizado com diversos objetivos, como a incorporação de fertilizantes e corretivos, a melhoria nas características químicas e físicas do solo, aumentar contato das gemas com solo, o nivelamento do terreno, o auxílio na redução da população de plantas daninhas, insetos, pragas e patógenos, entre outros. O número de operações, tipos e modelos de equipamentos, épocas de realização, dependem das características do solo, mas principalmente do planejamento de cada empresa sucroalcooleira. As operações de preparo do solo, quando não realizadas dentro da tecnologia mais adequada, poderão ocasionar degradação das suas propriedades físicas, químicas e biológicas, influenciando profundamente no desenvolvimento das plantas e resultando na queda de produção entre cortes consecutivos. Barbieri et al. (1997) concluíram que o sistema convencional de preparo do solo proporcionou, na média de cinco cortes, aumentos na produção entre 6 e 12% em solo de textura argilosa (NVef- Nitossolo Vermelho Eutroférico) e 13 e 18% em solo mais arenoso (LVdq- Latossolo Vermelho Distrófico psamítico).

Em relação aos problemas de erosão, Corsini (1993), comenta que a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar deverá necessariamente incluir os sistemas de preparo reduzido ou mínimo.

Estatísticas sobre perdas físicas de solo em todo o mundo revelam que, a cada ano, bilhões de toneladas de terra fértil são erodidas e transportadas para os rios (BLEY Jr, 1999). No Brasil, por exemplo, essas perdas chegam a pouco mais de 822 milhões de toneladas/ano, conforme Hernani et al., (2002), mostrando a necessidade urgente de se adotar práticas agrícolas que revertam esse quadro dramático.

No Estado de São Paulo, estima-se que a perda de solo seja em torno de 250 milhões de toneladas/ano, segundo Bley Jr. (1999); aliado a esse cenário, ocorrem com certa frequência, chuvas de até 150 mm.h⁻¹ de intensidade máxima, em 15 minutos e determinam a variabilidade da erosividade da chuva nas diferentes regiões. Na região correspondente à zona de recarga do Aquífero, os valores de erosividade são bastante altos (entre 7500 e 8500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹). Este fator, associado à vulnerabilidade do solo predominante (Neossolo Quartzarênico Órtico) à erosão, contribui para o desencadeamento desses processos, principalmente quando da renovação dos canais, momento em que o solo está mais exposto. Além disso, as perdas de nutrientes através do arraste das partículas mais finas também devem ser consideradas.

Vários trabalhos citados na literatura assinalam as seguintes vantagens ao cultivo reduzido ou mínimo de preparo do solo: evita a destruição gradativa do solo; proporciona maior rendimento operacional (ha.h⁻¹); reduz custo em 12%, melhor aproveitamento do tempo disponível de pessoal e equipamentos envolvidos; possibilita uso de máquinas de baixa potência; reduz perda de umidade; favorece a atividade biológica; evita assoreamento do sulco; diminui o processo gradativo de compactação do solo; apresenta maior eficiência na destruição das soqueiras; favorece o controle de ervas perenes; auxilia o plantio em dias chuvosos; permite o plantio direto de cereais e adubos verdes na entrelinha da cana morta; aumenta a produtividade e longevidade da soqueira; entre outros (CASAGRANDE, 1988).

As primeiras experiências sobre a viabilidade de destruição química da soqueira de cana, por ocasião da renovação do canal, foram realizadas na África do Sul, com doses de até 12 L.ha⁻¹ de glifosato. Para as condições tropicais, particularmente brasileiras, no cultivo de cana-de-açúcar, observou-se que no sistema de preparo de solo com destruição química da soqueira com glifosato e com plantio direto na linha e na entrelinha, obteve-se maior produtividade no primeiro corte apresentando, também, maior saldo e melhor relação custo/benefício, em relação ao plantio convencional. Dias (2001), avaliou o efeito de quatro sistemas de preparo de solo sobre as característi-

cas agrônômicas e tecnológicas de três variedades de cana (RB 85 5257, RB 85 5536, RB 85 5113) em experimentos conduzidos em Guariba/SP, conforme Quadro 3.

Quadro 3. Produtividade de cana-de-açúcar (média de dois tipos de solo e variedades), brotação da soqueira e avaliação econômica em diferentes preparos de solo no município de Guariba - SP.

Preparo do Solo	Produção de Colmos (t.ha ⁻¹)		Perfilhamento	Saldo Relativo (R\$.ha ⁻¹)	
	1º Corte	2º Corte	2º Corte	LVAd	LVd
Grade/Subsolador	178	98	18,3	0,00	0,00
Herbicida/Subsolador	172	93	16,0	- 265,60	- 79,84
Herbicida	167	92	16,0	- 284,67	- 124,20
Herbicida/Aiveca	181	100	18,7	+ 187,34	+ 290,30

Fonte: Adaptado de Dias (2001). LVAd – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; LVd – Latossolo Vermelho Distrófico.

13.2. Prática de rotação de cultura na renovação de canaviais

No Brasil são estimados atualmente cerca de 21 milhões de hectares cultivados no sistema plantio direto, os quais representam mais de 25% da área utilizada com agricultura (DERPSCH, 2003). No Estado de São Paulo, as estatísticas mencionam que são cultivados mais de 1,0 (um) milhão de hectares, porém a tendência ainda é de expansão devido, sobretudo, aos seguintes fatores: redução significativa nos custos de produção (principalmente economia de combustível); maior viabilidade da safrinha (semeadura imediatamente após colheita); viabilizar áreas infestadas com plantas daninhas (tiririca, grama, seda); utilização de novos ambientes agrícolas (renovação de canaviais colhidos sem queima e pastagens); e, otimização do uso da água pelas culturas, além de outras vantagens técnicas já consagradas pela pesquisa, com destaque à conservação do solo (BOLONHEZI & TANIMOTO, 2000). Todavia, a baixa adoção de esquemas de rotação de culturas tem comprometido sobremaneira a sustentabilidade deste sistema de cultivo, pois a permanência de resíduos na superfície do solo aumenta o potencial de inóculo de doenças (ocasionado por patógenos necrotróficos) e população de pragas. Dentre os muitos exemplos da vulnerabilidade da monocultura em plantio direto, merece destaque os sérios danos ocasionados pela cercosporiose na

safrá 2000, na região sudoeste goiano, onde na ocasião predominavam monocultura de milho e semeadura direta.

Os benefícios da rotação com leguminosas já eram apregoados pelos chineses há mais de 2000 anos. Foram encontradas inscrições feitas em pedras durante o império romano, as quais mencionavam "agricultor sábio continua executar rotações". São inúmeros os resultados científicos, confirmando respostas positivas do emprego da rotação de culturas. Duker (2003) sumariza os últimos resultados de experimento iniciado em 1976 na Universidade de Illinois, no qual a produção de milho foi de 7061 e 3026 kg.ha⁻¹, nos tratamentos em rotação com aveia e soja, respectivamente. Trabalhos realizados no sul do Brasil, já confirmaram a importância da rotação de culturas no sistema de plantio direto (DERPSCH et al., 1986; DERPSCH et al., 1991).

Para as condições do Estado de São Paulo, os resultados de pesquisa clássicos que demonstram as vantagens da rotação de culturas, principalmente com a utilização de adubação verde, foram realizados no sistema de preparo convencional. Talvez o principal exemplo seja a utilização de mucuna preta consorciada com milho, visando controle de nematóide no algodoeiro (CAVALIERI et al., 1963). Muitos outros resultados estão relacionados ao fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica em associação das plantas leguminosas com bactérias. Pesquisas conduzidas em Mococa/SP, concluíram que a produção do milho aumenta significativamente após três anos de cultivo de soja, não havendo resposta à aplicação de 60 kg.ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura.

Os estudos envolvendo rotação de culturas no sistema plantio direto, foram realizados nas condições edafoclimáticas de Assis/SP, nas quais ficou evidenciado que a produção de milho e o teor de nitrogênio nas folhas foram aumentados quando semeado após a *Crotalaria juncea*, em relação aos tratamentos com aveia preta (CASTRO, 1989; 1991). Na mesma região também foram obtidos resultados bastante favoráveis com o cultivo de tremoço no inverno, antecedendo a cultura do milho.

Trabalhos relativos aos benefícios da rotação de culturas para cana-de-açúcar se iniciaram na década de 50 (CARDOSO, 1956) e enfatizavam a utilização dos adubos verdes nos esquemas propostos. Com o aumento do uso de insumos na agricultura contemporânea, essa prática caiu em desuso e raramente é adotada no seu sentido *strictu sensu*. Na década de 80, Mascarenhas et al. (1994) concluíram que nas regiões produtoras de cana-de-açúcar do nordeste do Estado de São Paulo, a substituição pelo cultivo de

soja por dois anos consecutivos nas áreas de renovação de canaviais, possibilitou o aumento, de forma significativa, na produção de colmos e açúcar (Quadro 4). Os benefícios dos adubos verdes estão relacionados principalmente com a redução de populações de nematóides e fixação biológica de nitrogênio, além da ciclagem de nutrientes que são extraídos da sub-superfície (Quadro 5).

Quadro 4. Comportamento da cana-de-açúcar em diferentes rotações de culturas.

Tratamentos	Colmos	Produção (kg.ha ⁻¹)	
	número	Cana	Açúcar
Pousio-pousio	63.973 c	122 d	14,0 d
Soja-Soja	79.256 a	154 bc	17,1 bc
Mucuna-Mucuna	80.491 a	162 ab	18,6 ab
Crotalaria-Crotalaria	79.300 a	169 a	19,5 a
Soja – Mucuna	76.042 ab	162 ab	18,6 ab
Mucuna – Soja	77.366 ab	155 bc	17,9 b
Pousio – Pousio + N	71.683 b	147 c	16,9 c
CV(%)	7,6	6,7	6,7

Fonte: Adaptado de Mascarenhas et al. (1994).

Quadro 5. Extração de nutrientes por diferentes adubos verdes em relação a uma cultura comercial.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----kg.ha ⁻¹ -----					
Mucuna preta	215	37	102	133	142	31
Crotalaria juncea	234	35	76	78	90	46
Soja	38	13	33	61	23	9

Fonte: Adaptado de Ambrosano et al. (1997).

Com o advento da colheita mecanizada de cana crua, a adoção da semeadura direta da soja sobre os resíduos de cana já é uma realidade. Abaixo estão apresentados resultados em escala comercial, os quais demonstram os ganhos de produtividade da soja nesse sistema.

O cultivo de amendoim, que é outra importante cultura de sucessão com a cana, apresentava dúvidas técnicas que já foram solucionadas pela pesquisa, tornando-se possível recomendar a sua adoção. Aliás, essa prática de sucessão com amendoim já é bastante utilizada na região de Ribeirão Preto.

13.3. Seqüestro de carbono em áreas de cultivo de cana crua

O dióxido de carbono contribui com 50% no aquecimento global devido a sua grande concentração na atmosfera, por conseguinte é considerado o principal gás do efeito estufa. Os sistemas agropecuários são responsáveis por 22,9 % do total de CO₂ emitido.

Pesquisas realizadas por Bayer et al. (2000) e Derpsch (1997), têm demonstrado que sistemas de preparo conservacionistas além de contribuírem para a redução das emissões podem seqüestrar carbono da atmosfera. Neste contexto, o Brasil apresenta grande potencial para seqüestro de carbono, pois atualmente são estimados, cerca de 21 milhões de ha cultivados com o sistema plantio direto (SPD). Este sistema tem se expandido sobremaneira em áreas de rotação de canaviais no Estado de São Paulo, em razão da grande quantidade de resíduos (15 t.ha⁻¹ de matéria seca) deixados no processo de colheita mecanizada sem queima prévia ("cana crua"). Recentemente, Cerri et al. (2003) concluíram que em áreas de cana crua o seqüestro de carbono chega a 19,55 Mt de C.ano⁻¹. Bolonhezi et al. (2004) estudaram a emissão diária de CO₂ em três sistemas de preparo em condição de palhada de cana crua, com 17t.ha⁻¹ de matéria seca. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 3, 4 e 5, com os quais os autores concluíram que o preparo convencional resultou em emissão total (período de 27 dias) de 3,5 e 9 t.h⁻¹ de CO₂ maior que os sistemas cultivo mínimo e plantio direto, respectivamente. A variação temporal do fluxo de CO₂ acompanhou as variações de temperatura e de umidade do solo.

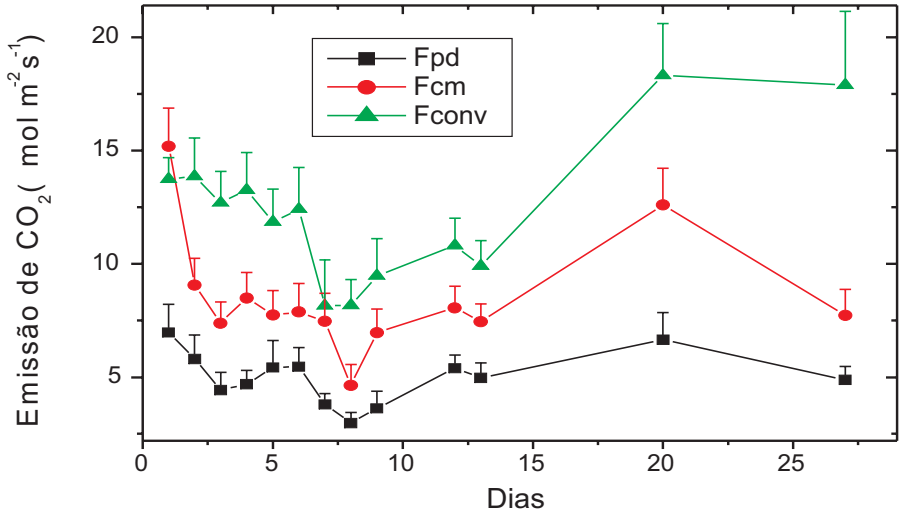


Fig. 3. Média diária da emissão de CO₂ do solo (mmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) em diferentes sistemas de cultivo sobre cana crua. Barras verticais correspondem à metade do erro padrão da média.

Legenda: Fpd – fluxo CO₂ no sistema de plantio direto; Fcm - fluxo CO₂ no sistema de cultivo mínimo; Fconv - fluxo CO₂ no sistema de cultivo convencional.

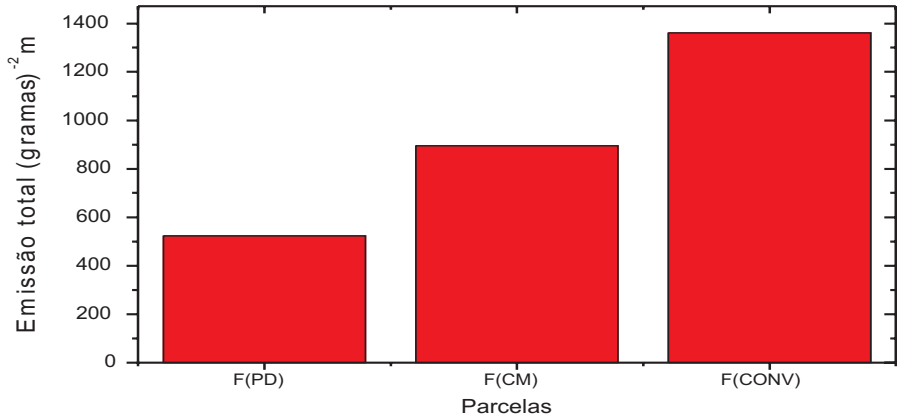


Fig. 4. Emissão total de CO₂ (g.CO₂ m⁻²) nos sistemas convencional (CONV), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD) em condição de palhada de cana-de-açúcar. Período considerado de aproximadamente 27 dias após o preparo do solo.

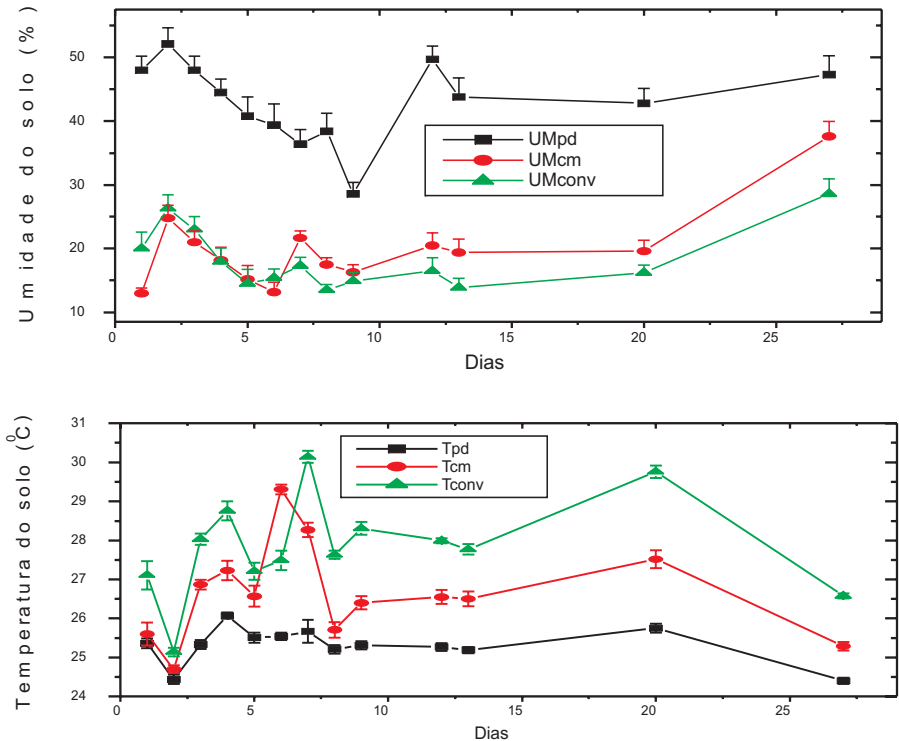


Fig. 5. Valores de umidade (%) e de temperatura do solo (°C) na profundidade 0-12 cm, obtidos em diferentes sistemas de cultivo sobre cana crua, ao longo dos dias estudados.

Legenda: UM pd – umidade solo plantio direto; UM cm - umidade solo cultivo mínimo; UM conv - umidade solo plantio convencional; T pd – temperatura solo plantio direto; T cm – temperatura solo cultivo mínimo; T conv – temperatura sistema convencional.

O sistema atual de produção da cana-de-açúcar na região de abrangência das áreas de recarga do Aquífero Guarani permite a adoção de práticas de uso racional de insumos e menos impactantes ao ambiente, desde que incorpore os diversos conceitos propostos em vários trabalhos sobre essa cultura (CASAGRANDE et al., 1988; BARBIERI et al., 1997; BOLONHEZI et al., 2001; DIAS, 2001; DERPSCH, 2003 e CANTARELLA, 2004). A colheita de cana crua já é realidade e deveria ser implantada em todas as áreas possíveis

(declividade favorável), considerando que os benefícios são maiores que as indagações contrárias. As áreas sem condições de mecanização deveriam ser destinadas a outras atividades, conforme a melhor capacidade de uso e aptidão agrícola da terra.

A adoção de sistemas conservacionistas de preparo de solo devem continuar contemplando práticas de caráter mecânico de combate à erosão (tais como o dimensionamento de terraços). A manutenção de pelo menos 30% de resíduos na superfície é imprescindível para viabilização destes sistemas. A textura dos Neossolos Quartzarênicos permite a adoção do sistema plantio direto.

Considerando que a manutenção dos resíduos da cultura anterior na superfície do solo, associada com a prática do monocultivo, aumenta o potencial biótico de pragas e patógenos, são desejáveis cultivos de culturas de sucessão, tanto comerciais quanto espécies de adubos verdes. As duas principais culturas utilizadas (soja e amendoim) podem ser implantadas com grande viabilidade nos sistema plantio direto sobre palhada de cana crua.

A integração do Sistema Plantio Direto com rotação de culturas com leguminosas e área de cana crua, reduz significativamente a emissão de CO₂ para a atmosfera, vindo a contribuir para aumentar o seqüestro de carbono.

O Plantio direto é uma forma de manejo onde “a semeadura é feita diretamente sobre as restevas (palhada ou restos culturais) da lavoura anterior ou sobre as plantas daninhas, previamente dessecadas por herbicidas de contato ou sistêmicos e não tóxicos ao ambiente”, cujos benefícios “podem ser sentidos tanto na propriedade (on site effects) como fora dela (off site effects)” (CHAVES, 1997). Entre estes, o autor aponta “redução da enxurrada, da erosão, da diminuição das grandes variações na umidade e temperatura do solo, a diminuição do aporte de sedimento aos corpos d’água e a redução da poluição e, não menos importante, a maior produtividade e o menor custo de produção no longo prazo”.

O plantio direto ocasiona por um lado impactos positivos, como a redução da perda de solo por erosão, assoreamentos, turbidez e eutrofização. Por outro lado, aumenta também, principalmente no início da conversão, a dependência e aumento do volume de utilização de herbicidas. O acúmulo de matéria orgânica na superfície dos solos, que é uma característica marcante desse sistema produção, reduz o fluxo superficial e aumenta a infiltração de água

no perfil do solo. Essa maior taxa de infiltração, quando comparada ao sistema de produção convencional, ocorre basicamente devido a presença de macroporos, resultante de microcanais provocados pelas atividades de raízes e da mesofauna do solo. Essa maior taxa de infiltração resulta em um maior potencial de lixiviação de agrotóxicos para águas subterrâneas.

13.4. Sistema de produção de cana-de-açúcar no contexto da colheita mecanizada

No Brasil, na safra 2004, foram colhidos 5,4 milhões de hectares com cana-de-açúcar dos quais cerca de 2,8 milhões de hectares foram cultivados no Estado de São Paulo. Este resultado reafirma a importância da cana na atividade agrícola paulista e no cenário nacional.

A maior concentração de área de produção está localizada no Norte/Nordeste do Estado, principalmente na região de Ribeirão Preto, a qual abrange a zona de recarga do Aquífero Guarani. Esta região é responsável por cerca de 41,8% da produção de cana-de-açúcar do país e caracteriza-se por altas produtividades e elevado perfil tecnológico. Uma marca deste perfil é o aumento crescente da utilização da colheita de cana crua (Quadro 6).

Nunes Junior (2002) informa que, na região Centro-Sul, em 70% da área cultivada com cana-de-açúcar é possível efetuar a colheita mecanizada. Apesar da atual legislação paulista sobre queimadas de canaviais (Lei n.º 11.241 de 19/09/2002) não ser rígida em termos de prazos para sua eliminação, a relação custo/benefício para as indústrias sucroalcooleiras é positiva, razão do incremento cada vez maior no seu emprego. Os trabalhos desenvolvidos por Bolonhezi et al., (2001) e Dias (2001) apresentam vários argumentos favoráveis à adoção da colheita mecanizada sem queima prévia, bem como esclarecem os desafios para sua expansão, alguns dos quais estão listados a seguir.

A. Aspectos favoráveis da colheita de cana crua

- Proteção do solo contra erosão;
- Manutenção da umidade do solo;

- Redução na amplitude de variação térmica do solo;
- Aumento nas taxas de infiltração de água no solo;
- Aumento da matéria orgânica (adoção da prática por vários anos);
- Favorece controle biológico de nematóides e insetos pragas;
- Controle de plantas daninhas (reduz em 10% uso de herbicidas);
- Possibilidade de utilização do palhiço para geração de energia;
- Maior qualidade da matéria prima para indústria (diminui impurezas minerais)
- Redução da poluição atmosférica.

B. Desafios para adoção da colheita de cana crua

- Riscos de incêndios durante e após a colheita;
- Dificuldades na operação de cultivos mecânicos e adubação de soqueiras;
- Retardamento ou falhas na brotação e provável redução da produtividade;
- Maior incidência de cigarrinhas das raízes (*Mahanarva. fimbriolata*) e broca;
- Em condição de alta infestação de *Sphenophorus levis*, é necessário um maior revolvimento do solo;
- Maior velocidade de deterioração da matéria prima;
- Aumento de matérias ou resíduos minerais estranhos ao solo;
- Alto custo da colhedora mecanizada (inviável para médios produtores).

Quadro 6. Evolução da área de colheita mecanizada e crua no Brasil.

Anos	São Paulo (%)	Centro-Sul (%)	Brasil (%)	Área Colhida Mecanicamente (há)	Área Colhida Crua (ha)
1994	----	----	----	128.300	1.026
1997	21,3	21,4	20,3	498.300	101.650
1998	40,3	35,1	33,5	917.700	307.358
1999	42,5	34,6	34,9	943.700	329.348
2000	42,0	44,4	40,7	910.700	370.650

Fonte: Adaptado de Nunes Junior (2002).

Neste sistema de colheita, a grande quantidade de palhiço depositada na superfície do solo (10 -15 t.ha⁻¹ de matéria seca) forma uma camada com cerca de 8 cm de espessura que apresenta lenta decomposição. No Quadro 7, pode-se verificar a constituição da palhada remanescente após um período de 12 meses da colheita de cana crua.

Quadro 7. Matéria seca, nutrientes e carboidratos estruturais contidos na palhada amostrada em 1996 e remanescente em 1997. Variedade SP 79-1011, 2º corte.

Ano	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	C	Hemi. ¹	Cel. ²	Lig. ³	C.C. ⁴	C/N
	t.ha ⁻¹	-----kg.ha ⁻¹ -----											
1996	13,9	64	6,6	66	25	13	9	6255	3747	5376	1043	3227	97
1997	10,8	53	6,6 ^a	10	14	8	8	3642	943	5619	1053	2961	68

Fonte: Oliveira et al.(1999).

(1) Hemicelulose (2) Celulose, (3) Lignina, (4) Conteúdo Celular.

Do ponto de vista agrônômico, a primeira vantagem observada desta peculiar cobertura de solo foi o efeito supressor de plantas daninhas e redução no uso de herbicidas. Arévalo (1979) afirma que são estimadas em torno de mil espécies de plantas daninhas que habitam o agroecossistema da cana-de-açúcar, fato que coloca os herbicidas como os agrotóxicos utilizados em maior quantidade e que gerou em 2002 um mercado de U\$S 177 milhões. A palhada da cana-de-açúcar mantida na superfície do solo pode interferir na

dormência e na germinação das plantas daninhas, tanto através da redução da luminosidade e temperatura, quanto por meio da liberação de substâncias químicas, fenômeno conhecido como alelopatia. Enquanto drásticas reduções são observadas em populações de gramíneas, espécies como *Euphorbia heterophylla* (amendoim bravo) e *Ipomoea* spp (corda-de-viola) têm aumentado nas áreas de colheita de cana crua, devendo-se salientar também que a camada de palhço pode interceptar a calda dos herbicidas aplicados sobretudo os pré-emergentes. Em condições controladas, Correia & Durigan (2004) avaliaram quantidades crescentes de palhada de cana da variedade SP 79-2233, sobre a emergência de várias espécies e concluíram que ocorreu redução na densidade populacional de *Brachiaria decumbens*, *Sida spinosa* (guanxuma) e *Digitaria horizontalis* (capim colchão) em quantidades de palha iguais ou superiores a 10 t.ha⁻¹. Constataram também que as espécies *Ipomoea grandifolia* e *Ipomoea heredifolia* não foram bem controladas, enquanto *Ipomoea quamoclit* poderá ter sua população aumentada em presença de palhada de cana-de-açúcar.

O advento da colheita de cana crua é semelhante à situação do sistema plantio direto, o qual favoreceu o controle de muitas espécies, mas propiciou a seleção de muitas outras. Tais procedimentos, no entanto, enfatizam algumas medidas importantes no manejo de plantas daninhas em área de cana crua, procurando integrar os controle químico e cultural, tais como: utilizar herbicidas de alta eficiência por ocasião do plantio; avaliar a uniformidade da cobertura de palha e monitorar as populações durante todo o ciclo da cultura; utilização de formulações de pequena retenção na palha; aplicação do herbicida sob a palhada (momento da colheita); e “catação” com capinas ou herbicidas.

Com relação às melhorias nas características do solo, trabalhos em área após 59 anos de cana crua x queimada, para as condições da África do Sul, na qual constataram que os conteúdos de matéria orgânica, carbono e nitrogênio, acumularam principalmente de 0-10 cm de profundidade. Na África do Sul, pesquisa conduzida por 61 anos comparando cana crua x cana queimada, concluiu em 39 colheitas (51 anos) que com a palhada a produtividade aumentou em 9,3 t.ha⁻¹ por ano. Dias (2001) verificou que, para as nossas condições, os teores de matéria orgânica na camada de 0-10 cm foi de 31 g.kg⁻¹ no sistema com manutenção integral da palhada na superfície, enquanto que no tratamento convencional com grade e arado de aivecas os teores de matéria orgânica chegaram a 24 e 20 g.kg⁻¹ respectivamente. Em razão da decomposição da palhada de cana-de-açúcar ser lenta, a maior parte do nitrogênio liberado vai para o solo e não é absorvida de imediato pela planta.

Por conseguinte, cerca de 75 a 90% do nitrogênio da cana-de-açúcar são provenientes do solo, havendo implicações na adubação nitrogenada, pois ocorre sua imobilização temporária pelos microorganismos decompositores.

Através dos processos de perdas (volatilização da amônia, fixação de amônia nas argilas e lixiviação de nitratos) de nitrogênio que ocorrem no solo, grande parte do nitrogênio aplicado pode não ser utilizado pelas plantas, mesmo aplicando-se elevadas doses.

As perdas de nitrogênio na forma nítrica, por meio da lixiviação, são de difícil estimativa, pois dependem de vários fatores (quantidade e frequência das chuvas, taxa de infiltração, entre outros); todavia sabe-se que em solos arenosos a aplicação de altas taxas poderá ocasionar problemas ambientais de contaminação de águas subterrâneas. Recomendações recentes sinalizam que nas áreas com elevado teor de matéria orgânica (5%), somente a aplicação de vinhaça seria suficiente para nutrição da cana-de-açúcar. A utilização de estirpes endofíticas selecionadas de *Azospirillum* permitiram, em nível experimental, a produção de 200 t.ha⁻¹ com cerca de 58% de nitrogênio oriundo da fixação biológica de nitrogênio. Aliar esses conhecimentos com a aplicação de compostos a base de torta de filtro e outros subprodutos da própria indústria canaveira, poderão permitir a redução das taxas de aplicação de fertilizantes minerais.

A manutenção da umidade do solo e a conseqüente redução dos valores de temperatura, também ocorrem. Além de favorecer a absorção de nutrientes, estas alterações proporcionam melhorias na microbiologia do solo. A população microbiana em área de cana crua, em relação aos tratamentos com incorporação mecanizada dos resíduos, proporciona significativamente maior número de UFC (Unidades Formadoras de Colônias), que traduz maior atividade microbiana.

14. Conclusões

A proposição de um conjunto de procedimentos para ser aplicado no cultivo de cana-de-açúcar nas áreas de afloramento ou de recarga do Aquífero Guarani, localizadas em Ribeirão Preto/SP, requer informações agro-ambientais sobre esse sistema de produção, bem como o conhecimento científico e tecnológico para torná-lo com maior potencial qualitativo e, con-

seqüentemente, menos agressivo ao ambiente. Embora considerado o grande acervo de informações levantadas em escala de projetos de pesquisa já existentes para as áreas de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP, há de se considerar a relevância das informações de seus principais atores locais. Esse acervo de informações, ao considerar as características de cultivo local podem subsidiar um programa participativo na proposição das BPA´s que, efetivamente, fomenta a implantação das práticas conservacionistas no sistema de produção local, em consenso com os diferentes agentes locais em seus mais diferentes níveis. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo apresentar considerações sobre as BPA´s, ressaltando algumas informações já existentes, de forma integrada, para que sejam utilizadas como nivelamento conceitual e informativo em prol da realização de workshops locais, que conduzam para a implantação de práticas agrícolas com visão sustentável.

Referências

- ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. **Aqüífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai**: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. Curitiba: UFPR/Petrobrás, 1995. 16p. (9 mapas).
- ARÉVALO, R.A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA/PLANALSUCAR – CONESUL, 1979. 46p.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. (Ed.). **Sistema de Informações Geográficas**: aplicações na agricultura. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.
- BARBIERI, J.L.; ALLEONI, L.R.F.; DOZELLI, J.L. Avaliação agrônômica e econômica de sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.89-98, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.599-607, 2000.
- BLANCO, H.G. Destino, comportamento e resíduos de herbicidas no solo. **O Biológico**, v.45, n.11/12, p.225-248, 1979.
- BLEY JUNIOR, C. Erosão solar – riscos a considerar para a agricultura dos trópicos. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.25, n.148, 1999. 04p.
- BOLONHEZI, D.; TANIMOTO, O.S. Plantio direto de culturas de sucessão sobre palhada de cana crua. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 4., 2001, Ribeirão Preto. **Anais...** Campinas: Instituto Biológico, 2001. p.87-94.

BOLONHEZI, D.; LA SCALA, N.; MUTTON, MA.; PANOSSO, A.; GENTILIN JR., O. Fluxo de CO₂ do solo nos sistemas de preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto em área de colheita de cana crua. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SOLO, 15., 2004, Cartagena. **Anais...** Cartagena, 2004a.

BOLONHEZI, D.; LA SCALA JÚNIOR, N.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; CANTARELLA, H.; CERDEIRA, A.L.; GENTILIN JÚNIOR, O. Emissão de CO₂ do solo cultivado com soja em diferentes sistemas de preparo e doses de calcário sobre palhada de cana crua. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa María. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004b. CD-ROM.

BONATO, P.S.; LANCHOTE, V. L.; GOMES, M. A .F.; DROSSI, S. A.C.; DE CARVALHO, D.; CERDEIRA, A.L. High performance liquid chromatographic screening and gas chromatography-mass spectrometry confirmation of tebutiuron residues in drinking water. **Journal of High Resolution Chromatography**, v.22, n.4, p.239-241, 1999.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap.8, p.269-300.

CANTARELLA, H. Balanço de nitrogênio em sistemas com palha na superfície: cana sem despalha à fogo. In: LANDELL, M.G.A.; VASCONCELOS, A.C.M. (Ed.). Atas das reuniões 1992-2004. Ribeirão Preto: Grupo Fitotécnico de Cana-de-Açúcar, 2004. p.201-214.

CARDOSO, E.M. **Contribuição para o estudo da adubação verde nos canaviais**. 1956. 109p. Tese (Doutorado) - ESALQ, Piracicaba.

CARRIERI, A. de P.; BASTOS FILHO, G. S. Diagnóstico e descrição dos sistemas de produção da microbacia do Espreado, Ribeirão Preto. **Informações Econômicas**, v.24, n.11, p.9-17, nov.1994.

CASAGRANDE, D.V. Preparo mínimo de solos argilosos para a cultura de cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, v.8, n.40, p.30-33, 1988.

CASTRO, O.M. de. **Sistema de preparo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41p. (Série Técnica, 3).

CASTRO, O. M. de. **Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas para milho e soja**. Relatório Técnico Anual. Campinas: Instituto Agrônômico, 1991. n.p. (Mimeografado).

CAVALIEIRI, P.A.; FUZATTO, M.G.; FREIRE, E.S. Adubação do algodoeiro: XIV. Experiências com mucuna e adubos minerais. **Bragantia**, Campinas, v.22, p.331-350, 1963.

CERDEIRA, A.L.; LANCHOTE, V.L.; QUEIROZ, R.C.; GOMES, M.A.F.; UETA, J. Resíduos de herbicidas em amostras de solo e água de área de cana-de-açúcar no Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE IN TROPICAL AND SUBTROPICAL HIGHLANDS WITH ESPECIAL REFERENCE TO LATIN AMERICA, 1998, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS/IWK-GERMANY/INT-BRAZIL/RIMISP-CHILE/CID-CSIC-SPAIN/ IBTA-BOLIVIA, 1998.

CERDEIRA, A.L.; GOMES, M.A.F.; PESSOA, M.C.P.Y.; BONATO, P.S.; LANCHOTE, V.L. Tebuthiuron in soil and groundwater in sugarcane area in Brazil. **Bollettino dei Chimici Igienisti**, v.51, n.4, p.51-57, mag. 2000.

CERDEIRA, A.L.; PESSOA, M.C.P.Y.; BONATO, P.S.; QUEIROZ, R.H.C.; LANCHOTE, V.L. Resíduos e lixiviação do herbicida picloram em água, em área de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, n.1, p.75-81, 2002a.

CERDEIRA, A.; PESSOA, C.; ROCHA, A.; COSTA, F.; SHUHAMA, I.; LANCHOTE, V.; UETA, J. Soil type and 2,4-D leaching on a sugarcane watershed in Brazil. In: MISSISSIPPI WATER RESOURCES CONFERENCE, 2002, Raymond, Mississippi. **Proceedings...** Raymond: Mississippi Water Research Institute, Mississippi State University, 2002b. Manuscript number 25, 10 p., CD-ROM.

CERDEIRA, A.L.; SANTOS, N. A. G.; UETA, J.; SHUHAMA, I. K.; PESSOA, M.C.P.Y.; SMITH JR, S.; LANCHOTE, V. L. Atrazine in Water and Biodegradation in a Recharge Area of Guarany Aquifer in Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.73, n.1, p.117-124, 2004.

CERDEIRA, A.L.; SANTOS, N. A. G.; PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; LANCHOTE, V. L. Herbicide Leaching on a Recharge Area of the Guarany Aquifer in Brazil. **Journal of Environmental Science and Health**, v.B40, n.1, p.159-165, 2005.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. E. P. Balanço de gases em sistemas de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003. CD-ROM.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo-2000**. São Paulo: CETESB, 2001, v.1. 214p. (Série Relatórios/CETESB).

CHAIM, A.; CAPALBO, D.M.F.; HAMADA, E.; TAMBASCO, F.J.; FERRAZ, J.M.G.; SKORUPA, L.A.; PESSOA, M. C.P.Y. (Coord.); ASSAD, M. L. L.; SCRAMIN, S. Boas práticas agrícolas e meio ambiente . In: ELEMENTOS de apoio para as Boas Práticas Agrícolas e o Sistema APPCC. Brasília, 2004. p.13-27. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos).

CHAVES, H.M.L. Efeitos do plantio direto sobre o meio ambiente. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. (Ed.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. p.57-66.

CLIVE, T. (Ed.). **The pesticide manual- Incorporating the Agrochemicals Handbook**. 10.ed. Farnham: The British Crop Protection Council: The Royal Society of Chemistry Publications, 1994 .

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.1, p.11-17, 2004.

CORSINI, P.C. Problemas causados pela compactação dos solos. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.11, n.5, p.8-13, 1993.

COUTINHO, H.L.C.; LIGO, M.A.V.; NOVELLI, A.F.; BETTANIN, V.C.; FILHO, E.R.P. Monitoramento da população de microrganismos amoficadores e nitrificadores e de taxas de amonificação e nitrificação em solos sob cultivo de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto,SP. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: SBCS/ESALQ, 1996. 4 p. CD-ROM.

DEMATTÊ, J.L.I. **Curso de gênese e classificação de solos**. Piracicaba: ESALQ, 1976. s.n.p (material apostilado).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.8, p.253-263, 1986.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle de erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Rossdorf: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. (Ed.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. Cap.2, p.29-48. DERPSCH, R. Evolución de la agricultura de conservación y avances tecnológicos. In: ENCUENTRO NACIONAL DE LABRAZA DE CONSERVACIÓN, 2., 2003, Villavicencio. **Atas...** Villavicencio, 2003. (CD-ROM).

DIAS, F.L.F. **Sistemas de preparo de solo em área de colheita mecanizada de cana crua**. 2001. 83p. Tese (Doutorado). FCAV-UNESP, Jaboticabal.

DORNELAS DE SOUZA, M.; BOEIRA, R.C.; GOMES, M. A .F. Adsorção e dessorção de diuron em solos tropicais. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.10, p.113-124, 2000.

DORST, J. **Antes que a natureza morra**. São Paulo: EDUSP, 1978. 480p.

DROSSI, S.A.C.; LANCHOTE, V.L.; SANTOS, N.A.G.; CERDEIRA, L.A.; GOMES, M.A.F.; CARVALHO, D.; BONATO, P.S. GC-method for the determination of tebuthiuron in water. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.2, n.136, p.132, 1997.

DUKER, R.E. Historic Morrow Plots produce their highest corn yield in 2003. **Better Crops**, v.88, n.1, p.20, 2004.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157p.

ELEMENTOS de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC. Brasília, DF: CampoPAs, 2004a. 200p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

ELEMENTOS de apoio para as boas práticas agropecuárias na produção leiteira. Brasília, DF; CampoPAs, 2004b. 200p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. **Impacto ambiental e implicações sócio-econômicas da agricultura intensiva em água subterrânea.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 36p. (Relatório Final).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. **Uso agrícola das áreas de recarga do Aquífero Botucatu (Guarani) e implicações na qualidade da água subterrânea.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 38p. (Relatório Final).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. **Relatório final do Projeto Botucatu.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 40p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. **Cd de músicas de temas ambientais.** Jaguariúna, 2003. (Embrapa Meio Ambiente. Coleção Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema). 7 v.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EXTOXNET. Disponível em: <<http://ace.orst.edu/info/extoxnet>>. Acesso em: jan. 2005.

FERNANDES, E.N. **Sistema especialista para planejamento e desenho de sistemas agroflorestais em duas macrorregiões do Estado de Minas Gerais.** 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERNANDES, E. N. **Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias**. 1997. 122p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERNANDES, E. N.; SILVA, E.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, C. A. B. da. EROSYS: Sistema integrado para avaliação dos impactos ambientais de atividades agropecuárias. In: FERRAZ, J.M.G. (Ed.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2003. p.249-270.

FERNANDES, E.N.; SILVA, C. A B. da. AGROFLO: Sistema Especialista para Planejamento de Sistemas Agroflorestais. In: **Agrosoft 95**. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag95/doc35.htm>. 1995 > . Acesso em: 12 out. 2004.

FERRACINI, V.L.; PESSOA, M.C.Y.P.; SILVA, A.S.; SPADOTTO, C.A. Análise de risco de contaminações das águas subterrâneas e superficiais da Região de Petrolina/PE e Juazeiro/BA. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.11, jan./dez. 2001.

FERRACINI, V.L.; CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y. Utilização da rodamina B como traçador na avaliação de deposição de agrotóxicos. In: CONGRESSO VIRTUAL IBEROAMERICANO SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD EN LABORATORIOS, 2., 2003.

FERRACINI, V.L.; CAPALBO, D.M.F.; PESSOA, M.C.P.Y. **Qualidade de vida**: nutrição, higiene e segurança dos alimentos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2004. 47p. (Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema, 5)

FERRAZ, J.M.G. A insustentabilidade da revolução verde. **Informativo Embrapa Meio Ambiente**, n.26, 1999.

FERRAZ, J.M.G.; PRADA, L. de S.; PAIXÃO, M. (Ed.). **Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 195p.

FERRAZ, J.M.G.; PEREIRA, C.S.; PESSOA, M.C.P.Y. **Lixo**: qual será a herança que vamos deixar. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 40p. (Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema, 4).

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

GOMES, M.A.F. Impacto da agricultura intensiva de cana-de-açúcar sobre as propriedades do solo e da água subterrânea. In: ENCONTRO ANUAL DA SEÇÃO BRASILEIRA DA INTERNATIONAL ASSOCIATION OF IMPACT ASSESSMENT (IAIA), 4., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte : IAIA, 1995. p.383-387.

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A. Pesticidas e qualidade da água: estudo de caso do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto-SP. In: MELO, I.S.; SILVA, C.M.S.; SCRAMIN, S.; SPESSOTO, A.M. (Ed.). **Biodegradação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.63-74.

GOMES, M.A.F.; NEVES, M.C.; SPADOTTO, C.A.; LUIZ, A.J.B. Mapeamento expedito dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água para os solos da microbacia do córrego Espreado em Ribeirão Preto-SP. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: SBCS/ESALQ, 1996a. 5 p. CD-ROM.

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; LUIZ, A.J.B.; NEVES, M.C. Método de classificação preliminar dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água do solo: subsídio à avaliação do risco de contaminação por agroquímicos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: SBCS/ESALQ, 1996b. 4p. CD-ROM.

GOMES, M.A.F.; DORNELAS DE SOUZA, M.; BOEIRA, R.C.; TOLEDO, L.G. de. **Nutrientes vegetais no meio ambiente**: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos 18).

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; LANCHOTE, V. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.11, p.65-76, 2001.

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; PESSOA, M.C.P.Y. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. **Pesticidas:** Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v.12, p.169-179, 2002.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.; DORNELAS DE SOUZA, M. **Nosso amigo solo.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 20p. (Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema, 2)

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F.; CHAIM, A.; PAULA, M. M. de; CABALALL, M. R.; SOUZA, M.D. de; DIOGO, A. **Boas práticas agrícolas para as áreas de nascentes do rio Araguaia-GO/MT:** controle de processos erosivos e aplicação otimizada de defensivos agrícolas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 6p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 38).

GUIA de verificação de sistemas de segurança na produção agrícola. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 61p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

HAMMES, V.S. (Ed.). **Construção da proposta pedagógica.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. 179p. (Educação para o Desenvolvimento Sustentável, v.1).

HAMMES, V.S. (Ed.). **Proposta metodológica de macroeducação.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002b. 159p. (Educação para o Desenvolvimento Sustentável, v.2).

HAMMES, V.S. (Ed.) **Ver, percepção do diagnóstico ambiental.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002c . 163p. (Educação para o Desenvolvimento Sustentável, v.3).

HAMMES, V.S. (Ed.). **Julgar, percepção do impacto ambiental.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002d. 131p. (Educação para o Desenvolvimento Sustentável, v.4).

HAMMES, V.S. (Ed.). **Agir, percepção da gestão ambiental.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002e. 179p. (Educação para o Desenvolvimento Sustentável, v.5).

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.N. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (Org.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.47-60.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Caracterização do potencial de contaminação das águas subterrâneas por agroquímicos**. São Paulo, 1994. 15p. (Relatório n. 32605).

KAGEYAMA, A.A.; GRAZIANO DA SILVA, J. Produtividade e emprego na agricultura brasileira. In: BELLUZZO, L. G.; COUTINHO, R. (Org.). **Desenvolvimento capitalista no Brasil: ensaios sobre a crise**. São Paulo: Brasiliense, 1983. v.2, p.192-222.

LANCHOTE, V.L.; BONATO, P. S.; CERDEIRA, A.L.; SANTOS, N.A .G.; DE CARVALHO, D.; GOMES, M.A.F. HPLC Screening and G-MS Confirmation of triazine herbicides residues in drinking water from sugar cane area in Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**, v.118, p.329- 337, 2000b.

LAVORENTI, A. Comportamento dos herbicidas no meio ambiente. In: WORKSHOP SOBRE BIODEGRADAÇÃO, 1996, Campinas. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1996. 256p. (Embrapa-CNPMA. Documentos, 5).

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina do Texto, 2002. 178p.

LUCHINI, L.C. Adsorptive behavior of herbicides in Brazilian soils. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.64, n.1, p.43-49, 1997.

LUIZ, A.J.B.; NEVES, M.C.; GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; LUCHIARI Jr., A. Risk assessment of water contamination by agrochemical in watershed. In: **Conference on Environmetrics in Brasil**. São Paulo: IMS-USP, 1996. p.G13-G14.

MAFRA, N.M.C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S. da; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. Cap.9, p.301-322.

MANUAL de boas práticas agrícolas e sistema APPCC. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 100p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de segurança e qualidade para a produção leiteira. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 51p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de segurança e qualidade para a cultura do café. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 83p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de segurança e qualidade para a cultura do milho. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 78p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de segurança e qualidade para a cultura da cenoura. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 61p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de segurança e qualidade para a cultura do amendoim. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 39p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de boas práticas agropecuárias e sistema APPCC. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 123p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MANUAL de segurança e qualidade na produção de alface minimamente processada. Brasília, DF: CampoPAs, 2004. 43p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/Embrapa.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; COSTA, A. A.; ROSA, F.V.; COSTA, V.F. **Efeito residual de leguminosas sobre o rendimento físico e econômico da cana-planta.** Campinas, 1994. 15p. (Boletim Científico n.º 32).

MATALLO, M. B.; LUCHINI, L.C.; GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; CERDEIRA, A. L.; MARIN, G.C. Lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diuron em colunas de solo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.13, p.83-90, 2003.

MATALLO, M.B.; SPADOTTO, C.A.; LUCHINI, L.C.; GOMES, M.A.F. Soption, degradation and leaching of tebuthiuron and diuron in soil columns. **Journal of Environmental Science and Health**, v.40, n.1, p.39-43, 2005.

MATTOS, L. M. DE; SILVA, E. F. DA. Influência das propriedades de solos e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.9, p.103-124, 1999.

MELLO, F.A.F de; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.

MELLO FILHO, A. T. de; ROCHA, C. L.; SILVA, S. A. da; HONDA, T. Estudo de lixiviação e degradação de Tebuthiuron em solos dos estados de São Paulo e Alagoas. **Stab**, v.2, p. 47-51, 1985.

MIKLÓS, A.A.W.; GOMES, M. A. F. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto- SP**. São Paulo, 1996. 48 p. (Relatório de Consultoria).

MOREIRA, R.A. **Aquífero Guarani: caracterização agrícola das áreas de recarga e estimativa de risco de contaminação da água subterrânea na região de Mineiros-GO**. Mineiros-GO: FIMES, 1999. 61p. (Monografia de conclusão do Curso de Agronomia-FIMES).

MUSUMECI, M.R.; NAKAGAWA, L.E.; LUCHINI, L.C.; MATALLO, M.B.; ANDREA, M.M. de. Degradação do Diuron-14C em solo e em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.775-778, 1995.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos avançados**, v.15, n.43, p.83-100, 2001.

NEELY, W. B. **Introduction to chemical exposure and risk assessment**. Boca Raton: Lewis Publishers/CRC Press, 1994. 190p.

NEVES, M.C.; GOMES, M. A. F. Caracterização ambiental da microbacia do Córrego do Espraiado. In: SIMPÓSIO DE USUÁRIOS IDRISI, 2., 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: FAE/EMBRAPA/CEPA-UNICAMP, 1997a. p.5-8.

NEVES, M.C.; GOMES, M. A. F.; LUIZ, A. J. B.; SPADOTTO, C.A. Mapeamento do potencial de infiltração e de escoamento superficial da água para a microbacia do Córrego do Espraiado- Ribeirão Preto/SP. In: WORKSHOP ON SPECIAL TOPICS ABOUT SOIL PHYSICS AND CROP MODELING AND SIMULATION, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/CENA, 1997b. p.55-59.

NEVES, M.C.; GOMES, M.A.F.; LUIZ, A.J.B.; SPADOTTO, C.A. SIG na avaliação do impacto ambiental por agroquímicos. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-CPAC, 1998. p. 241-250.

NOFZIGER, D.L.; HORNSBY, A.G. **CMLS-94- Chemical Movement in Layered Soils**. Oklahoma: University of Florida, 1994. 76p. (Department of Agronomy - University of Florida).

NOVAES, W. Dilemas do desenvolvimento agrário. **Estudos avançados**, v.15, n.43, p.51-60, 2001.

NUNES JUNIOR, D. Colheita mecanizada: a evolução nos últimos sete anos. In: SEMINÁRIO SOBRE MECANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 4., 2002, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: IDEA, 2002. CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; SALOMÃO, F.X. DE T. (Coord.). Erosão e assoreamento. In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tecnologia, ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: IPT, 1992. p.47-54.

PARAÍBA, L.C. Modelagem da bioconcentração de xenobióticos em organismos aquáticos. In: **Bioindicadores de qualidade de água**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. Cap. 3, p.49-63.

PARAÍBA, L.C.; MIRANDA, J. I. Índices indicadores do risco ambiental para compostos orgânicos não-iônicos: o modelo *RACHEL*. **Revista Científica Rural**, v.8, n.2, p.29-42, 2003.

PARAÍBA, L.C.; SAITO, M.L. Distribuição ambiental de poluentes encontrados em biossólidos. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DE PAULÍNIA E REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, 1., 2004, Paulínia. [**Anais...**] Paulínia: Prefeitura Municipal: Região Metropolitana de Campinas, 2004. p. 98-99.

PARAÍBA, L.C.; CERDEIRA, A.L.; SILVA, E. F. da; MARTINS, J. S.; COUTINHO, H. L. da C. Evaluation of soil temperature effect on herbicide leaching potencial into groundwater in the Brazilian Cerrado. **Chemosphere**, v.53, n.9, p.1087-1095, 2003.

PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. **Software AGROSCRE - apoio a avaliação de tendências de transporte de princípios ativos de agrotóxicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 22p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 26).

PESSOA, M.C.P.Y.; SCRAMIN, S. Modelagem matemática e simulação da exposição do ambiente à aplicação de agrotóxicos: apoio à avaliação de risco ambiental. In: SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F. (Ed.). **Agrotóxicos e ambiente**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004b. Cap. 9, p.319-364.

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; NEVES, M. C.; CERDEIRA, A.L.; SOUZA, M.D. de. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas Atrazina, Diuron e Tebutiuron. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.13, p.111-122, 2003.

PESSOA, M.C.P.Y.; SILVA, A. de S.; CAMARGO, C. P. **Qualidade e certificação de produtos agropecuários**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 188p. (Textos para Discussões, 14).

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A.F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A. L.; MONTICELLI, A. Simulação de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em latossolos da área de recarga do Aquífero Botucatu (Guarani) em Ribeirão Preto, SP. **Revista Científica Rural**, v.4, n.1, p.15-24, 1999.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A. L.; MONTICELLI, A. Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Areia Quartzosa da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP. **Revista Científica Rural**, v.3, n.2, p.11-19, 1998.

PESSOA, M.C.P.Y.; LUCHIARI JR., A.; FERNANDES, E.N.; LIMA, M.A. de. **Principais modelos e simuladores utilizados para análise de impactos**

ambientais das atividades agrícolas. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997a. 83p. (Embrapa-CNPMA. Documentos, 8).

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; NICOLELLA, G.; SOUZA, M.D.; CERDEIRA, A.L.; MONTICELLI, A. Simulação do movimento dos herbicidas hexazinone, diuron, atrazina, ametrina e simazina aplicados na cultura da cana-de-açúcar em solos da microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS/EMBRAPA-CNPS, 1997b. p.479.

QUEIROZ, S.C.N. de; FERRACINI, V.L.; GOMES, M.A.F.; CERDEIRA, A.L. **Validação de método para a determinação de hexazinone e tebutiuron em água.** In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DE PAULÍNIA E REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, 1., 2004, Paulínia. [**Anais...**] Paulínia: Prefeitura Municipal: Região Metropolitana de Campinas, 2004a.

QUEIROZ, S.C.N. de; FERRACINI, V.L.; CERDEIRA, A.L.; SOUZA, M.D. de; GOMES, M.A.F.; FACANALI, R.; PINTO, O.B.; RAMPAZZO, P.E. **Método para determinação de tebutiuron em solo.** In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DE PAULÍNIA E REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, 1., 2004, Paulínia. [**Anais...**] Paulínia: Prefeitura Municipal: Região Metropolitana de Campinas, 2004b.

QUEIROZ, R.H.C.; LANCHOTE, V.L.; BONATO, P.S.; TOZZATO, E.; CARVALHO, D.; GOMES, M.A.F.; CERDEIRA, A.L. Determination of ametryn herbicide by bioassay and gas chromatography-mass spectrometry in analysis of residues in drinking water. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.138, n.5, p.251-254, 1999.

RIBEIRO, A.E.M. **Os fazendeiros da cultura – estudo sobre a fazenda “tradicional” e a modernização agrícola na região mineira dos cerrados.** 1986. 226p. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP, Campinas.

ROCHA, G.A. **Mega reservatório de água do Cone Sul:** bases para uma política de desenvolvimento e gestão. Curitiba: UFPR/IDRC, 1996. 25p.

ROCHA, A.; COSTA, F.M.; SHUAMA, I.; GOMES, M.A.F.; CERDEIRA, A.L.; UETA, J. Variação sazonal de matéria orgânica, umidade e pH em área de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS/EMBRAPA-CNPS, 1997. p.197.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.4, p.445-451, 2003.

RODRIGUES, G.S.; SÁ, L. A. N. de; RODRIGUES, I.; CHAIM, A. **Vida de bicho: a fauna e o meio ambiente no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 54p. (Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema; 7).

SANTOS, T.C.C.; CÂMARA, J. B. D. (Org.). **GEO BRASIL 2002- Environmental outlooks in Brazil**. Brasília: IBAMA Editions, 2002. 440p.

SANTOS, N.A.G.; BONATO, P.S.; DREOSSI, S.A.C.; GOMES, M.A.F.; CERDEIRA, A.L.; CARVALHO, D.; LANCHOTE, V.L. Multiresidue method for the analysis of herbicides in surface and groundwater. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.2, n.136, p.133, 1997a.

SANTOS, N.A.G.; LANCHOTE, V.L.; DREOSSI, S.A.C.; GOMES, M.A.F. GC-MS determination of chlorotriazines in aqueous environmental samples. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.2, n.136, p.131, 1997b.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica. DAEE. **Estudo das águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1974. v.3.

SÃO PAULO. Instituto Geológico. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IG/CETESB/DAEE, Secretaria do Meio Ambiente, 1997. v.1, 129p. (Série Documentos).

SÃO PAULO. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. São Paulo: CRH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos- CORHI-GTP, 1990. 137p.

SEGNINI, A.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L. da; MILORI, D. M. B. P.; GALETI, H. V. A.; CERDEIRA, A.L.; BOLONHEZI, D. Evaluation of carbon sequestration in brazilian area of sugar-cane under different tillage systems. In: INTERNATIONAL MEETING OF IHSS, 12., 2004, São Pedro. **Humic substances and soil water environment**. p.14-16, 2004.

SILVA, C.M.M. de S.; FAY, E. F. **Agrotóxicos e meio ambiente**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 400p.

SILVEIRA, M.A. da; FERRAZ, J.M.G. **Multifuncionalidade da agricultura e produção familiar**: identificação e avaliação de estratégias de desenvolvimento rural sustentável. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. (Projeto de Pesquisa - Macro programa 2- Competitividade e Sustentabilidade).

SINELLI, O. (Coord.). **Mapa geológico do nordeste do Estado de São Paulo**. Escala 1:50.000 – Folhas Serrana, Ribeirão Preto, Cravinhos e Bonfim Paulista. Ribeirão Preto: Convênio CNEC/FFCL USP, 1973.

SKORUPA, L.A. **Nós, as árvores e as florestas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 38p. (Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema, 3)

SPADOTTO, C.A.; HORNSBY, A.G.; GOMES, M.A.F. Sorption and leaching potential of acidic herbicides in brazilian soils. **Journal of Environmental Science and Health**, v.40, n.1, p.29-37, 2005.

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L.C.; ANDRÉA, M.M. **Monitoramento ambiental de agrotóxicos**: princípios e recomendações. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 28p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 42).

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; MATALLO, M. B. Princípios da avaliação de risco ambiental de agrotóxicos. **Ciências das Plantas Daninhas**, v.9, n.1, p.12-14, 2003a.

SPADOTTO, C.A.; MATALLO, M.B.; GOMES, M.A.F. Sorção do herbicida 2,4-D em solos brasileiros. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.13, p.103-110, 2003b.

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; HORNSBY, A.G. Pesticide leaching potential assessment in multi-layered soils. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.12, p.1-12, 2002.

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F. Avaliação do potencial de lixiviação de pesticidas em latossolos da região de Guaíra-SP. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.11, p.127-136, 2001.

SPADOTTO, C.A.; NEVES, M.C.; PAIVA, W.F. Caracterização do uso de herbicidas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Resumos...**

Florianópolis: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. p.449.

TOZATTO, E.; BONATO, P.S.; CERDEIRA, A.L.; GOMES, M.A.F.; CARVALHO, D.; LANCHOTE, V.L.; QUEIROZ, R.H.C. Method for bioassaying ametrine in water. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.2, n.136, p.49, 1997.

TSIHRINTZIS, V.A.; HAMID, R.; FUENTES, H.R. Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. **Water Resources Management**, v.10, n.4, p.251-277, 1996.

VIDAL-TORRADO, P. Características gerais e a nova classificação dos solos brasileiros. In: ALLEONI, L.R.F.; REGINATO, J.B. (Coord.). **Apostila do Simpósio sobre dinâmica de defensivos agrícolas no solo - aspectos práticos e ambientais**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2002. p.23-39.

Sites consultados

<http://www.fao.org>

<http://www.imf.org>

<http://www.tierramerica.net/2003/0602/pecobrevs.shtml>

http://sia.huaral.org/sia_uploads/ec06355af5fedeeef1ec61030822a9a09/FERTILIZANTES_NITROGENADOS.pdf

[http://www.crea-pr.org.br/crea/html/assessoriacomunicacao/uso de *Bacillus thuringiensis*.htm](http://www.crea-pr.org.br/crea/html/assessoriacomunicacao/uso de <i>Bacillus thuringiensis</i>.htm)

<http://www.mma.gov.br/port/SRH/acervo/publica/doc/drena/cap04.pdf>

<http://www.mct.gov.br/clima/comunica.old/pdf>

ANEXO – LEIS FEDERAIS E ESTADUAL (SP) LIGADAS AO TEMA

Lei nº 4.132, de 10 de outubro de 1962

Desapropriação por interesse social. Alterada pela Lei nº 6.513, de 20 de dezembro de 1977.

Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965

Institui o novo Código Florestal.

O Código Florestal já sofreu diversas alterações e alguns artigos foram revogados total ou parcialmente. A mais recente alteração da Lei foi através da Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.

Lei nº 5.197, de 03 de janeiro de 1967

Dispõe sobre a proteção à fauna, e dá outras providências. Alterada pela Lei nº 9985, de 19 de julho de 2000.

Lei nº 6.513, de 20 de dezembro de 1977

Dispõe sobre a criação de Áreas Especiais e de Locais de Interesse Turístico; sobre o Inventário com finalidades turísticas dos bens de valor cultural e natural; acrescenta inciso ao art. 2º da Lei nº 4.132, de 10 de setembro de 1962; altera a redação e acrescenta dispositivo à Lei nº 4.717, de 29 de junho de 1965; e dá outras providências.

Lei nº 6.803, de 02 de julho de 1980

Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Alterada pela Lei nº 7804, de 18 de julho de 1989.

Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981

Dispõe sobre a criação de estações ecológicas, áreas de proteção ambiental, e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 99274, de 07 de junho de 1990.

Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981

Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Alterada pela Lei nº 10165, de 27 de dezembro de 2000.

Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985

Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético,

histórico, turístico e paisagístico (vetado), e dá outras providências. Alterada pela Medida Provisória nº 2180-35, de 24 de agosto de 2001.

Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989

Estabelece medidas para proteção das florestas estabelecidas nas nascentes dos rios e dá outras providências

Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989

Cria o Fundo Nacional de Meio Ambiente, e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 3524, de 26 de junho de 2000.

Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989

Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 4074, de 08 de janeiro de 2002.

Lei nº 7.804 de 18 de julho de 1989

Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de junho de 1980, e dá outras providências.

Lei nº 7.805, de 18 julho de 1989

Altera o Decreto - Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regimento de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 98812, de 09 de janeiro de 1990.

Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991

Dispõe sobre a política agrícola. Alterada pela Lei nº 10327, de 12 de dezembro de 2001.

Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995

Regulamenta os incisos II e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas para o uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, autoriza o Poder Executivo a criar, no âmbito da Presidência da República,

a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, e dá outras providências. Alterada pela Medida Provisória nº 2191-9, de 23 de agosto de 2001.

Lei 9.059, de 13 de junho de 1995

Introduz alterações no Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, que dispõe sobre proteção e estímulo à pesca.

Lei nº 9.294, de 15 de julho de 1996

Dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4º do art. 220 da Constituição Federal. Alterada pela Medida Provisória nº 2190-34, de 23 de agosto de 2001.

Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997

Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Regulamentada pelo Decreto nº 2612, de 03 de junho de 1998 e alterada pela Lei nº 9984, de 17 de julho de 2000.

Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998

Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Alterada pela Medida Provisória nº 2163-41, de 23 de agosto de 2001.

Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999

Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano).

Lei nº 9.795, de 29 de janeiro de 1999

Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

Lei nº 9.966, de 29 de abril de 2000

Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 4136, de 20 de fevereiro de 2002.

Lei nº 9.974, de 06 de junho de 2000

Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000

Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 4024, de 22 de novembro de 2001.

Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000

Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto nº 3834, de 19 de julho de 2000.

Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000

Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Lei nº 10.327, de 12 de dezembro de 2001

Acrescenta inciso II ao art. 6º da Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política agrícola.

Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade)

Estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos e do equilíbrio ambiental.

LEIS ESTADUAIS (SÃO PAULO)

Lei Estadual nº 6.134/88 de 02/06/1988, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 32.955/91, de 07/02/1991, que *“dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e dá outras providências”*.

Lei Estadual 997 de 31/05/1976, aprovada por Decreto Estadual n. 8468 de 08/09/1976 , apresentam alguns padrões de referencia e critérios de classificação da qualidade da águas pelo tipo de uso.

Embrapa

Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

