

Capítulo 3

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 Antonio 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 da década de 1970, 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 incluíam principalmente uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes inorgânicos e agrotóxicos, entre outros insumos) para o controle de pragas e doenças e nutrição da cultura; 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.

Todavia, os benefícios da Revolução Verde, em termos de 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 socioeconômicos, 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 pouco atentaram aos padrões culturais, sociais e econômicos dos sistemas produtivos neles inseridos.

A degradação dos solos das áreas agrícolas em diferentes regiões do País tem sido uma realidade evidente, constatada visivelmente pelas crescentes taxas de erosão, de redução da produtividade das culturas, do aumento populacional de pragas e doenças das culturas e da exposição ambiental a riscos de contaminação 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 da década de 1980. Porém, ainda persistem algumas dúvidas principalmente em relação à cobertura do solo com diferentes espécies de adubos verdes e o respectivo manejo.

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 na busca de melhoria contínua dos seus diferentes processos produtivos.

No contexto da Agenda 21, Novaes (2001) ressalta as seis principais razões que 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; 4) predominância, no setor, do modelo exportador, pautado de fora e arcando com custos ambientais e sociais cuja prevenção/eliminação os países importadores não querem incorporar nos 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.

Surgem então várias definições para o termo Agricultura Sustentável (EHLERS, 1999). Entretanto, em todas elas 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 dos produtos e na sua disponibilidade para a população). Assim, trata-se de repensar no processo de produção agrícola, de forma mais abrangente, com o intuito de conciliar a sustentabilidade 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 (EHLERS, 1999). Como consequência, a pesquisa agropecuária brasileira também vem desenvolvendo e adaptando novas técnicas que, associadas às práticas de manejo, podem contribuir para a efetiva adoção de técnicas sustentáveis de produção.

Enfocando o novo paradigma da sustentabilidade e os aspectos relativos à segurança alimentar, as Boas Práticas Agrícolas (BPA's) propõem

recomendações que incorporem ao sistema de produção questões ambientais (visões ecológicas, sociais e econômicas), bem como outros que propiciem 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. Assim, buscam também contribuir para minimizar o processo migratório do homem para as grandes cidades e aumentar a qualidade de vida no ambiente rural.

Diante do exposto e pelo fato das áreas de afloramento do Aquífero Guarani, objeto do presente trabalho, serem muito frágeis, propõe-se aqui a adoção das BPA's como alternativa de uso sustentável das mesmas, com ênfase para o Município de Ribeirão Preto, onde existe forte pressão de ocupação dessas áreas, frente à discussão de reavaliação do Plano Diretor vigente.

Áreas de afloramento

As áreas de recarga direta ou de afloramento do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto são representadas pelos arenitos de granulação média da Formação Botucatu (KJb) e pelos arenitos de granulação fina e siltitos da Formação Pirambóia (TJp), e 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).

De forma mais ampla, a geologia de toda a região inclui, ainda, as rochas basálticas da Formação Serra Geral, presentes na bordas e locais mais elevados; já as rochas areníticas da Formação Botucatu encontram-se nas partes mais baixas ou sotopostas à Formação Serra Geral, ocupando, respectivamente, 70 % e 30 % da superfície do terreno (INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA, 1994).

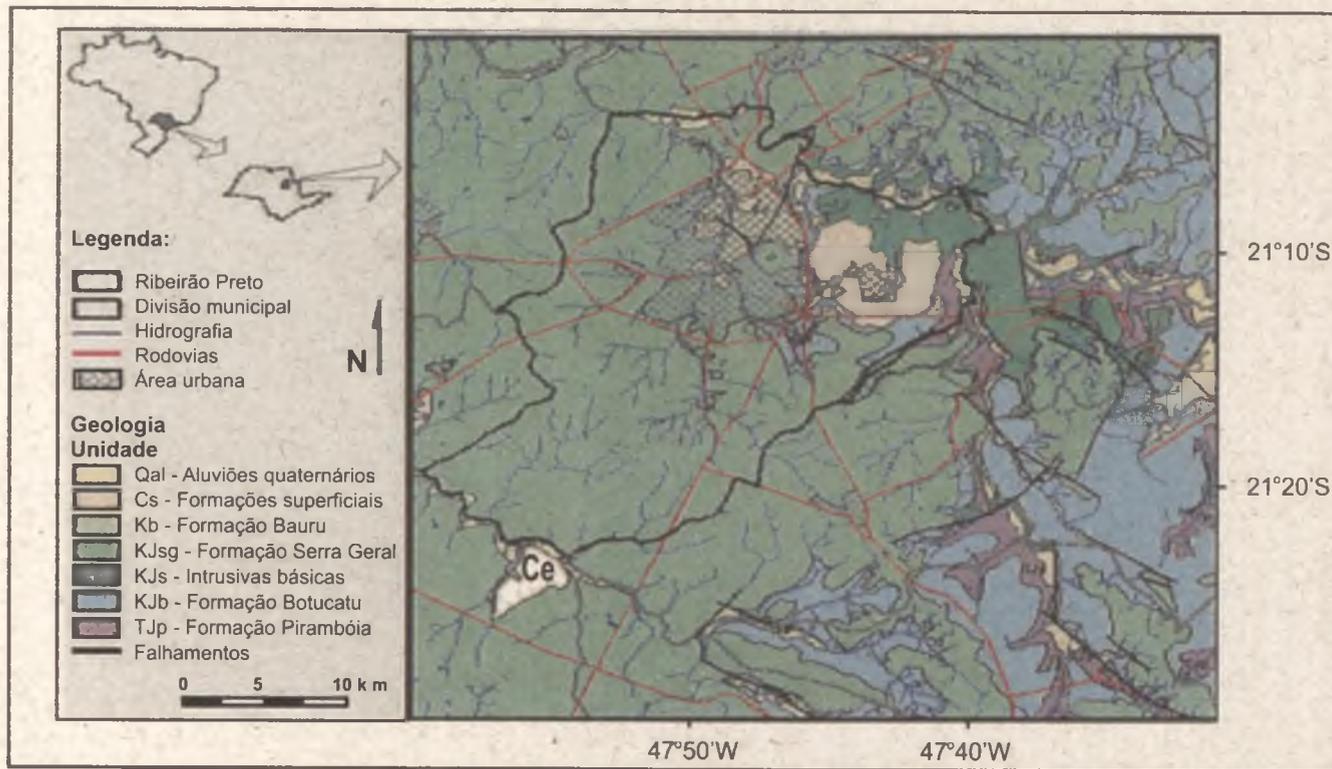


Fig. 1. Mapa geológico da região de Ribeirão Preto (SINELLI et al., 1973).

Solos representativos

Os solos representativos das áreas de recarga, incluindo aqueles circunvizinhos, são constituídos, predominantemente, por Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), conforme Embrapa (1999b), classificados pelo Sistema Brasileiro mais antigo como Latossolos Roxos dos tipos eutrófico e distrófico em proporções semelhantes (MIKLÓS; GOMES, 1996; EMBRAPA, 1999a). 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 os mais vulneráveis, com destaque para o Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo).

Susceptibilidade das áreas de afloramento à infiltração de solutos

A susceptibilidade das áreas de recarga direta ou de afloramento do aquífero à infiltração de solutos é elevada, considerando que o predomínio de solos arenosos, principalmente RQo, constitui-se em fator determinante dessa condição. Estudos de condutividade hidráulica realizados por Gomes et al. (1996; 2002) revelaram valores elevados para os dois solos representativos das áreas de recarga.

Foram realizados também estudos de avaliação da 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 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 exposto à condição de contaminação. Para maiores informações sobre a vulnerabilidade dessas áreas, o leitor deve consultar o capítulo III da parte 2 deste livro.

Outra particularidade importante dos solos das áreas de recarga da Microbacia do Córrego do Espraiado é em relação à taxa de infiltração (vertical) da água que ocorre à velocidade de 0,8 m/mês, enquanto que a taxa de movimentação horizontal na direção do Córrego do Espraiado apresenta velocidade de propagação de 3,3 m/mês (INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA, 1994). 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 desenvolvidos pelo Instituto Geológico (1997), evidenciam tais características, mostrando que o Aquífero Guarani apresenta alta vulnerabilidade natural à contaminação, 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.

Atividades agrícolas nas áreas de afloramento

As áreas de afloramento do Aquífero Guaráni 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, situação de exposição ao perigo potencial de contaminação da água subterrânea. Essa hipótese é reforçada pela característica de alta vulnerabilidade natural das áreas de recarga (INSTITUTO GEOLÓGICO, 1997; GOMES et al., 2002).

Nessas áreas são encontrados, também, 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. A Fig. 2, a seguir, mostra as diversas atividades agrícolas existentes em áreas de recarga do Aquífero Guarani, com predomínio da cultura de cana-de-açúcar.

Aspectos socioeconômicos

Carrieri e Bastos Filho (1994) destacaram que, em se tratando da forma de gestão da propriedade, cada produtor trabalha de forma isolada,

Microbacia do Córrego Espraiado
Ribeirão Preto - SP
Uso atual

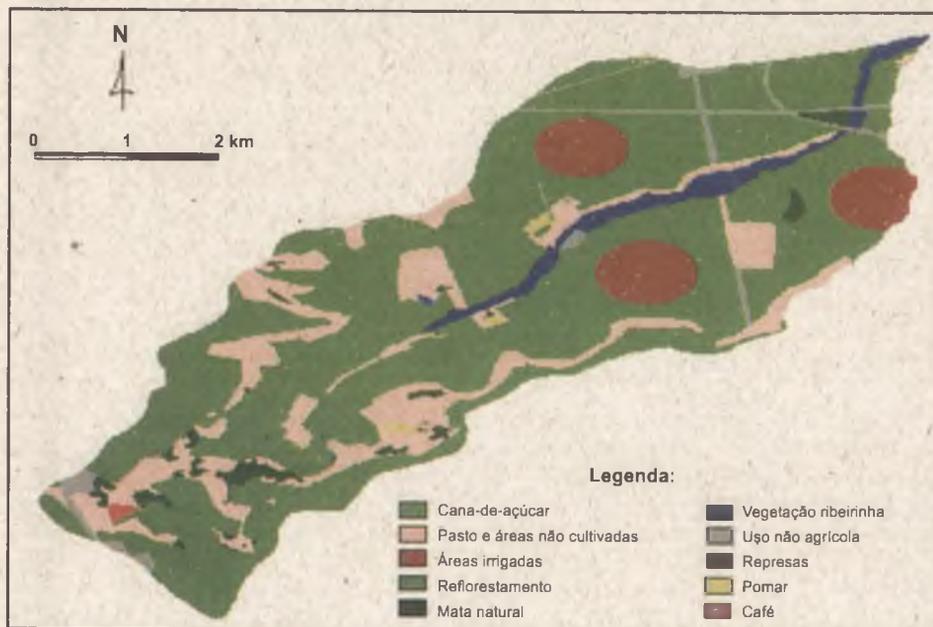


Fig. 2. Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani na Microbacia do Córrego do Espraiado, região de Ribeirão Preto, SP.

Fonte: Adaptado de Embrapa (1999a).

fundamentando sua administração em laços de amizade, também ressaltados como existentes na área por Ribeiro (1986), ou caminhando para a gestão empresarial (profissionalização da administração). Destacaram que o crescimento urbano da Cidade de Ribeirão Preto motivou a passagem da então agricultura familiar local, em que 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), em que 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 a ela destinada, alguns produtores de outras atividades agropecuárias se mantiveram proprietários. No que se refere a

outros impactos ambientais negativos e positivos na área de recarga, Carrieri e Bastos Filho (1994) também destacaram:

- a) Existência de agricultura irrigada por pivô central.
- b) Intensa movimentação de máquinas: grade aradora, subsolador, grade niveladora, barra pulverizadora, cultivo mecânico.
- c) Intensa aplicação de agrotóxicos, corretivos e fertilizantes aliados a constante lâmina de água fornecida pela irrigação.
- d) 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.
- e) Presença de erosão por sulcos nas áreas de pastagens mais velhas.
- f) Presença de curvas de nível, terraceamentos, subsolagem e de outras práticas de conservação nas áreas de culturas e nas pastagens mais novas.
- g) Diversidade de produção, em algumas áreas, atrelada às oscilações de preços das atividades produtivas e a necessidade de autonomia econômica dos produtores.
- h) Aumento de áreas de pastagens para produção de massa verde para a pecuária local.
- i) Atendimento às recomendações técnicas por parte dos produtores.
- j) Presença de pecuária confinada.

Agroquímicos aplicados na área de afloramento e implicações ambientais

Agrotóxicos

No que se refere à aplicação de agrotóxicos em áreas frágeis, como são as de afloramento do aquífero, a orientação quanto aos procedimentos corretos de aplicação dos produtos e de avaliação de sua eficiência deve obedecer aos aspectos edafoclimáticos locais, os quais fornecem as conexões diretas entre as águas superficiais e subterrâneas. 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.

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 aplicados no ambiente.

Fertilizantes

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.

Gomes et al. (2000) citam que “o valor de 10 mg L^{-1} de N-NO_3 é adotado em vários países como limite máximo tolerável para padrão de potabilidade da água”. Acrescentam que, acima desse valor, poderiam ocorrer sérios problemas à saúde humana (metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul, distúrbios da tireóide, problemas de reprodução e aborto), principalmente às 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.

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^{-1} .

Acrescente-se, ainda, que a proposição das BPA's deve considerar para a redução dos níveis de nitrato em água, além do aporte de fertilizantes nitrogenados de origem industrial, aqueles também de origem animal (esterco) e outras fontes ainda questionáveis, tais como lodo de esgoto, aplicado no solo. Nesse contexto, as diretrizes devem apontar épocas onde existam restrições para a aplicação de fertilizantes, em função 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.

Estudos recentes nas áreas de afloramento

Para a área de afloramento do Aquífero Guarani, em Ribeirão Preto, foi levantado e disponibilizado grande acervo de informações por parte de várias instituições. Entre elas, a Embrapa Meio Ambiente; Faculdade de Farmácia Bioquímica da Universidade de São Paulo, campus de Ribeirão Preto; Laboratório de Geoprocessamento da Universidade de Ribeirão Preto (Unaerp); 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). 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 elas citam-se:

- a) Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo (INSTITUTO GEOLÓGICO, 1997) e da vulnerabilidade na Microbacia do Córrego do Espriado (EMBRAPA, 2002; GOMES et al., 2002).
- 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) Geoestatística e simulação aplicadas à área de afloramento do aquífero (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 BPAs (PAS–campo – convênio Sebrae/Senai/Embrapa).
- l) Elementos de apoio para as 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 Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle 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).

Métodos de análise de riscos

O processo de planejamento rural 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 agrícolas diferentes do uso atual e suas respectivas limitações. Por essa razão, a avaliação de risco, inserida no contexto da análise de risco, vem 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, quais sejam (NEELY, 1994):

- a) Identificação de perigo: avalia-se 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: são estudadas a freqüência e a incidência de exposição ao perigo na presença do agente em quantidades causadoras de efeitos adversos.
- d) Caracterização do risco: estima-se a incidência de efeitos à 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, ela também o valora, monitora e o comunica.

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 à 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, entre outras.

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 que o uso incorreto dos agroquímicos nas culturas potencializam a disseminação de compostos tóxicos também na cadeia trófica (bioacumulação), assim como transporte por lixiviação e por escoamento superficial de partículas de produtos aplicados adsorvidas ao solo, entre outros, com potencial também para impactar a qualidade das águas superficial e subterrânea, que influenciam na recarga dos sistemas hídricos das áreas rurais.

Uso e manejo da água nas áreas de afloramento

Para as áreas de afloramento do Aquífero Guarani, no entanto, vários procedimentos devem ser observados quanto ao manejo da água, visando proteção da água subterrânea, conforme observações e constatações *in loco*:

- a) Não utilização de práticas de irrigação, as quais podem favorecer a lixiviação de produtos potencialmente contaminantes até a zona saturada.
- b) Uso controlado de insumos, fertilizantes e agrotóxicos, com orientação técnica, a fim de evitar o uso excessivo e, conseqüentemente, favorecer o deslocamento dos mesmos em direção ao lençol freático.
- c) A abertura de poços nas áreas de recarga deve ser exclusivamente para uso doméstico da propriedade rural, pois o consumo excessivo interfere negativamente na disponibilidade de água, principalmente no período de estiagem, quando o nível estático normalmente diminui bastante.

Propostas de Boas Práticas Agrícolas (BPA's) visando a proteção das áreas de afloramento do Aquífero Guarani

Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIP)

Alternativas de controles biológico, cultural e químico devem ser formuladas no contexto de Programas de Manejo Integrado de Pragas e

Doenças da cana-de-açúcar para a região da área de afloramento. Essa proposta deve, assim, considerar características do cultivo local, bem como ter estratégias de controle pertinentes aos seus fatores abióticos. Nesse contexto, o programa de manejo integrado de pragas e doenças deve ser específico.

Nas áreas de afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto foram utilizados, nos últimos anos, os herbicidas atrazina (não mais aplicada), ametrina, simazina, tebutiuron, diuron, 2,4-D, 2,4-D dimethylamine salt, picloram e hexazinone. Trabalhos realizados pela Embrapa Meio Ambiente avaliaram o potencial de transporte desses produtos, considerando seu pior caso (movimentação de transporte vertical no perfil do solo) para fins de avaliação de tendência de contaminação de águas subterrâneas na Microbacia do Córrego do Espreado, usando sistemas de simulação (PESSOA et al., 1998, 1999; PESSOA et al., 2003; CERDEIRA, et al., 2004) para esses produtos nos principais solos da área, sem avaliar as aplicações sucessivas dos produtos em seus cenários isolados. Conforme já comentado, as áreas de afloramento do aquífero ficam expostas, apenas com o recobrimento de material arenoso que exhibe alta porosidade. Pessoa et al. (2004) identificaram áreas onde tebutiuron, diuron e atrazina deveriam ser prioritariamente controlados por projetos de pesquisa específicos para fins de monitoramento e, portanto, de coleta de água e solo para análises de resíduos em laboratórios. Essas análises dependem também da determinação e/ou adaptação de métodos passíveis de uso em aparelhos que sejam sensíveis à identificação da presença desses produtos em solo, água, ar e planta, nem sempre disponíveis para todos os produtos aplicados. À proposição das BPA's, acrescenta-se a necessidade de elaboração de um esquema de uso de agrotóxicos mais pertinentes ao local, baseada nos resultados obtidos dessas e de outras pesquisas de avaliação de resíduos, de ecotoxicidade dos produtos em organismos não alvo, de sua persistência no ambiente, de translocação do produto na planta, de contaminações ocorridas no homem e animais, entre outros.

Considerações relacionadas ao manejo de solo e ao sistema de plantio direto

As técnicas de preparo e manejo do solo são fundamentais para garantir práticas agrícolas sustentáveis e, assim, devem ser cautelosamente definidas nas BPA's.

O plantio direto é uma forma de manejo onde todo o procedimento “é feito diretamente sobre os restos culturais da lavoura anterior ou sobre as plantas daninhas, previamente dessecadas por herbicidas de contato ou sistêmicos, 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 a 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 de 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 à 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.

Essa atividade juntamente à posterior proposição do Programa Alimento Seguro do campo à mesa (PAS–campo, convênio Sebrae/Senai/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 Food and Agriculture Organization of the United Nations (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 Procedures 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 às expectativas de produtores, consumidores e aspectos de conservação ecológica.

Dessa forma, surgiu um protocolo para elaboração de Boas Práticas Agrícolas, de modo que elas sirvam como diretrizes para:

- a) O desenvolvimento sustentável da agricultura.
- b) 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) O fomento ao maior reaproveitamento e conservação de recursos materiais e naturais, evitando refazer o mesmo trabalho.
- d) O fomento ao conhecimento mais amplo sobre o efeito da utilização de práticas agropecuárias no ambiente do sistema de produção.

Em diversos locais onde existem áreas de afloramento do Guarani, o monocultivo extensivo e intensivo de cana-de-açúcar é predominante, expondo-as a perigos potenciais. Esse cenário exige, conseqüentemente, maior cuidado com o manejo da cultura nessas áreas, com a adoção de práticas agrícolas sustentáveis que levem à proteção do recurso hídrico subterrâneo, bastante exposto a uma situação de risco.

O acervo documental gerado pelo PAS-campo, bem como outras ações conduzidas diretamente na área de afloramento ou que subsidiem ações do protocolo de BPA's, poderá ser utilizado como referência das BPA's específicas para as culturas agrícolas predominantes na área de afloramento do Aquífero Guarani localizada em Ribeirão Preto, SP.

Assim sendo, este trabalho apresenta considerações sobre conceitos agregados às Boas Práticas Agrícolas (BPA's) e às técnicas auxiliares na identificação de perigos e pontos críticos de controle, assim como de alternativas de manejo. Apresenta aspectos específicos das áreas de recarga do Aquífero Guarani, localizadas em Ribeirão Preto, como também se propõe a apresentar subsídios para a proposição de BPA's para a cultura de cana-de-açúcar, predominante nessas áreas.

Subsídios para a elaboração do protocolo de BPA's para culturas prioritárias

Para a adoção de uma proposta de agricultura sustentável, há sempre que se ter em mente que o foco desejado não é somente a produtividade das culturas e dos animais, mas sim o aproveitamento do potencial que todo ser vivo congrega (integração de plantas e animais em determinado ecossistema) para produção e reprodução, 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 de que, nesse contexto, deve existir uma relação harmônica do homem com o ambiente, onde os benefícios advindos são de caráter global e não uma conquista ou privilégio de grupos ou setores da sociedade (FERRAZ, 1999).

As Boas Práticas Agrícolas servem como diretrizes ao desenvolvimento sustentável, que conciliam fatores de qualidade, de proteção e segurança do trabalhador e do consumidor, de redução contínua e gradativa de impactos ambientais negativos e de economia e maior confiança ao produto oferecido, decorrentes de maior conhecimento, percepção e compromisso de pessoal para as questões ambientais; de se fomentar o maior reaproveitamento e conservação de recursos materiais e naturais, evitando refazer o mesmo trabalho; e de se inferir sobre o ambiente de produção baseado em utilização de práticas insustentáveis (CHAIM et al., 2004).

As BPA's específicas para as culturas de determinada área devem fomentar ações de melhoria contínua nos sistemas de produção, incorporando aspectos voltados para a sustentabilidade agrícola, assim como uma maior percepção ambiental e capacitação dos produtores locais implicando diretamente nos processos de qualidades ambientais dos produtos agropecuários (CHAIM et al., 2004). Nelas devem constar aspectos relacionados ao meio físico, aos sistemas de produção vigentes, à tecnologia de aplicação de agrotóxicos empregada, ao descarte de resíduos, à 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, devem ser priorizados aspectos relacionados à escolha da variedade utilizada, consideração sobre as características agroambientais locais, aptidão agrícola e de capacidade de uso das terras e, ainda, o zoneamento agroclimático (CHAIM et al., 2004).

Também devem ser inseridas nas BPA's as estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que estabelecem métodos de controle cultural, biológico e químico, visando restabelecer a população de pragas e doenças das culturas a níveis populacionais aceitáveis à sua produção comercial. Essa prática é recomendada, pois a utilização dos métodos de MIP tem favorecido 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 com uso de agrotóxicos), conforme preconizado por Chaim et al. (2004).

No que se refere ao controle químico, as BPA's devem estabelecer procedimentos voltados à aplicação de agrotóxicos, bem como orientações de 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 químicos menos persistentes no ambiente, conciliando a demanda de produção agrícola com a conservação do meio ambiente. Também devem ser considerados aspectos relacionados aos equipamentos de aplicação do produto químico, 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 devem ser ressaltadas (CHAIM et al., 2004).

As BPA's devem indicar também 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 nessas práticas estejam salientadas as necessidades legais vigentes, como também destacados os cuidados essenciais em relação a implementos e máquinas agrícolas. Cuidados com o preparo do solo, irrigação da cultura, colheitas, transporte e outras etapas de pré e pós-colheita também devem ser salientadas (CHAIM et al., 2004). Os mesmos autores chamam a atenção, ainda, para a necessidade de fomentar recomendações

orientadoras, tais como a necessidade de avaliação de risco climático, aptidão agrícola, aspectos de conservação de solo, etc. Para isso, é recomendável um levantamento de informações detalhadas sobre aspectos fisiográficos da área de estudo, tais como a formação do solo, relevo, clima, fatores geológicos (material de origem) e biologia do solo.

Parâmetros ambientais, como os descritos, auxiliam na compreensão de problemas de toxicidade para a planta ou no seu processo de desenvolvimento, na avaliação da drenagem, percolação, lixiviação e escoamento superficial, na compreensão dos fluxos preferenciais que favorecem a lixiviação, na orientação correta do uso de insumos e fertilizantes, bem como no uso de implementos agrícolas mais apropriados às suas características (EMBRAPA, 1999; LEPSCH, 2002; VIDAL-TORRADO, 2002). Assim, a realização de análises de solos, com a avaliação de aspectos morfológicos do perfil, torna-se imprescindível na orientação de práticas adequadas, que minimizem os impactos ambientais negativos.

O tratamento de resíduos da propriedade também deve ser considerado nessas diretrizes. Além dos problemas relacionados à quantidade e à 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 devem, ainda, sinalizar a importância das Áreas de Preservação Permanentes (APP) na propriedade agrícola presente no Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771 de 15/9/1965). 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 são apresentadas, em detalhes, na Resolução CONAMA nº 303 de 20/3/2002 (CHAIM et al., 2004).

Propostas de Boas Práticas Agrícolas (BPA's) visando a proteção da área de afloramento do Aquífero Guarani – práticas passíveis de utilização nas BPA's para cana-de-açúcar

Práticas conservacionistas 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 culturais e pode ser realizado por diversos objetivos. Estes compreendem a incorporação de fertilizantes e corretivos, a melhoria nas características químicas e físicas do solo, o aumento do contato das gemas e sementes com o 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, quando não realizadas dentro da tecnologia mais adequada, poderão ocasionar degradação das 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 5 cortes, aumentos na produção entre 6 % e 12 % em solo de textura argilosa (LR) e 13 % e 18 % em solo mais arenoso (LV).

Em razão sobretudo dos 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. Convém mencionar que as estimativas mundiais mais recentes indicam que cerca de 5×10^{12} kg de solo são perdidos anualmente por erosão, dos quais 80 % por erosão hídrica.

Vários trabalhos encontrados 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 ($ha \cdot h^{-1}$); reduz custo em 12 %; melhor aproveitamento do tempo disponível

de pessoal, 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 do uso de destruição química da soqueira de cana, por ocasião da renovação do canavial, foram realizadas na África do Sul, com doses de até 12 L ha⁻¹ de glifosate. Para nossas condições, em diferentes preparos de solo sobre alterações nos atributos químicos e produção da cana-de-açúcar, observou-se que nos sistemas de preparo de solo com destruição química da soqueira com glifosate, 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. Mais recentemente, Dias (2001) avaliou o efeito de quatro sistemas de preparo de solo sobre as características agrônomicas e tecnológicas de três variedades de cana (RB 85 5257, RB 85 5536, RB 85 5113) em experimentos conduzidos em Guariba, SP, conforme consta da Tabela 1.

Tabela 1. Produtividade e cana-de-açúcar (média de dois tipos de solo e variedades), brotação da soqueira e avaliação econômica em diferentes preparos de solo.

Preparo do solo	Produção de colmos (t ha ⁻¹)		Perfilhamento 2º Corte	Saldo relativo (R\$ ha ⁻¹)	
	1º Corte	2º Corte		LVA	LV
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

Onde: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVA) e Latossolo Vermelho Distrófico (LV).

Fonte: Adaptado de Dias (2001).

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 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, 2001). 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 safra 2000, na região do 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. Dunker (2003) sumariza os últimos resultados de experimento iniciado em 1876 na Universidade de Illinois, no qual a produção de milho aumentou em 7.061 kg ha⁻¹ e 3.026 kg ha⁻¹, nos tratamentos em rotação com aveia e soja, respectivamente. Trabalhos nacionais realizados no Sul do Brasil já confirmaram a importância da rotação de culturas no sistema plantio direto (DERPSCH et al., 1986, 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 por meio da fixação biológica por meio da 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.

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 *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 1950 (CARDOSO, 1956) e enfatizavam a utilização dos adubos verdes nos esquemas propostos. Com o aumento do uso de insumos na agricultura contemporânea, esta prática caiu em desuso e raramente é dotada no seu sentido *strictu sensu*. Na década de 1980, Mascarenhas et al. (1994) concluíram, para regiões produtoras de cana do nordeste do Estado de São Paulo, que a utilização de dois sistemas de cultivo com soja nas áreas de renovação aumenta significativamente as produções de colmos e açúcar (Tabela 2). 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 subsuperfície (Tabela 3).

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 neste 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.

Tabela 2. Comportamento da cana-de-açúcar em diferentes rotações de culturas.

Tratamento	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).

Tabela 3. Extração de nutrientes por diferentes adubos verdes em relação a uma cultura comercial.

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

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

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.

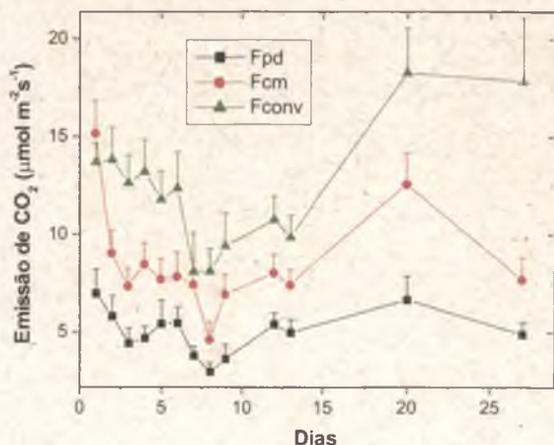
Pesquisas têm demonstrado que sistemas de preparo conservacionistas, além de contribuírem para a redução das emissões, podem seqüestrar carbono da atmosfera (DERPSC, 1997; BAYER et al., 2000). Neste contexto,

Brasil apresenta grande potencial para seqüestro de carbono, pois atualmente são estimados cerca de 21 milhões de hectares cultivados com sistema de plantio direto (SPD). Esse 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 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 17 t.ha⁻¹ de matéria seca. Os resultados podem ser visualizados nas Fig. 3, 4 e 5, com os quais os autores concluíram que o preparo convencional resultou em emissão total (período de 27 dias) de 3,55 t.h⁻¹ 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 nas temperatura e umidade do solo.

O sistema de produção da cana-de-açúcar na região de área de recarga do Aquífero Guarani, baseado no acervo de informações técnico-científicas acumulado até hoje, tem condições de incluir práticas poupadoras de insumos e menos agressivas ao ambiente. 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.

Fig. 3.3. Média diária da emissão de CO₂ do solo (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) em diferentes sistemas de cultivo sobre cana crua. Barras verticais correspondem à metade do erro padrão da média.

Fonte: Bolonhezi et al. (2004).



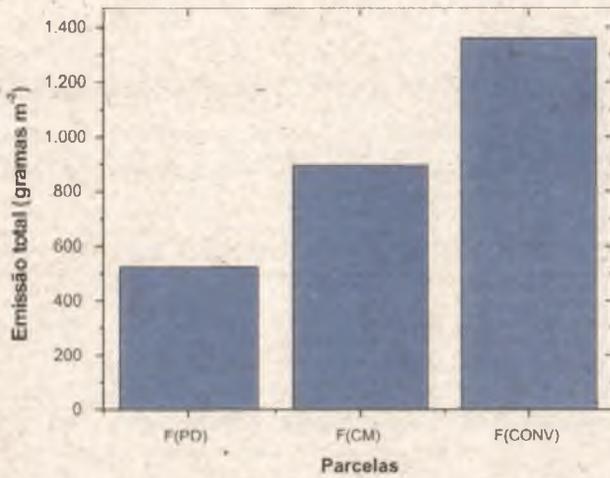
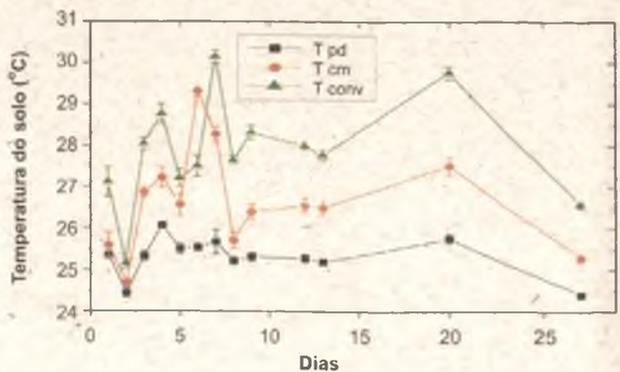
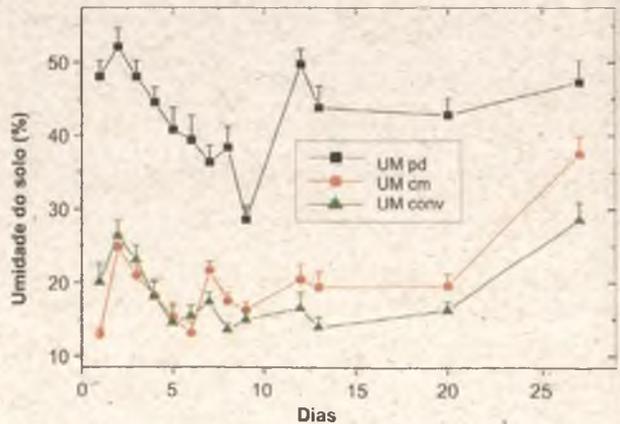


Fig. 4. Emissão total de CO₂ (g.CO₂ m⁻²) nos sistemas convencional (CONV), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD) em condição de palhada de cana-de-açúcar. Período considerado de aproximadamente 27 dias após o preparo do solo.

Fonte: Bolonhezi et al. (2004).

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

Fonte: Bolonhezi et al. (2004).



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 desses sistemas. A textura dos Neossolos Quartzarênicos permite a adoção do sistema plantio direto.

Considerando que a manutenção dos resíduos na superfície, associada com 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 no 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.

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 cultura 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 (Tabela 4).

Vários trabalhos apresentam inúmeros 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.

Tabela 4. Evolução da área de colheita mecanizada e crua no Brasil.

Anos	São Paulo (%)	Centro-Sul (%)	Brasil (%)	Área colhida mecanicamente (ha)	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 Júnior (2002).

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 das taxas de infiltração de água no solo.
- Aumento da matéria orgânica (adoção da prática por vários anos).
- Favorecimento de controle biológico de nematóides, insetos e pragas.
- Controle de plantas daninhas (redução em 10 % uso de herbicidas).
- Possibilidade de utilização do palhicho para geração de energia.
- Maior qualidade da matéria prima para indústria (diminuição de impurezas minerais).
- Redução da poluição atmosférica.

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 estranhas e mineral.
- Alto custo das colhedoras mecanizadas (inviável para médios produtores).

Neste sistema de colheita, a grande quantidade de palhiço depositada na superfície do solo (de 10 t ha⁻¹ a 15 t ha⁻¹ de matéria seca) forma uma camada com cerca de 8 cm de espessura que apresenta lenta decomposição. Na Tabela 5, pode-se verificar a constituição da palhada remanescente após uma período de 12 meses da colheita de cana crua.

Tabela 5. Matéria seca, nutrientes e carboidratos estruturais contidos na palhada amostrada em 1996 e remanescente em 1997. Variedade SP 79-1011, 2º corte.

Ano	MS (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	C	Hemi. ⁽¹⁾	Cel. ⁽²⁾	Lig. ⁽³⁾	C.C. ⁽⁴⁾	C/N
-----(kg ha ⁻¹)-----													
1996	13,9 a	64 a	6,6 a	66 a	25 a	13 a	9 a	6.255 a	3.747 a	5.376 a	1.043 a	3.227 a	97
1997	10,8 b	53 a	6,6 a	10 b	14 b	8 b	8 a	3.642 b	943 b	5.619 a	1.053 a	2.961 b	68

⁽¹⁾ Hemicelulose; ⁽²⁾ Celulose; ⁽³⁾ Lignina; ⁽⁴⁾ Conteúdo celular.

Fonte: Oliveira et al. (1999).

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) informa que são estimadas cerca de 1.000 espécies de plantas daninhas habitando 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 por meio 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. têm aumentado nas áreas de colheita de cana crua, devendo-

se salientar também que a camada de palhiço pode interceptar a calda dos herbicidas aplicados, sobretudo os pré-emergentes. Em condições controladas, Correia e 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* e *Digitaria horizontalis* 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. Enfatizam algumas medidas importantes no manejo de plantas daninhas em área de cana crua, procurando integrar os controles 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 à melhoria nas características do solo, trabalhos em área após 59 anos de cana crua x queimada, para as condições da África do Sul, constataram que os conteúdos de matéria orgânica, carbono e nitrogênio, acumularam principalmente na faixa de 0 cm a 10 cm de profundidade. Na África do Sul, pesquisa conduzida por 61 anos comparando cana crua x queimada, concluiu em 39 colheitas (51 anos) que com 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 cm a 10 cm no sistema com manutenção integral da palhada na superfície foi 31 g kg⁻¹, enquanto no tratamento convencional com grade e arado de aivecas foram, respectivamente, 24 g kg⁻¹ e 20 g kg⁻¹. 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 provém do solo, havendo implicações na adubação nitrogenada, pois ocorre sua imobilização temporária pelos microorganismos decompositores.

Por meio 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 é de difícil estimativa, pois depende 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 água subterrânea. 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.

Conclusões

A adoção das BPA's nos sistemas de produção de cana-de-açúcar das áreas de recarga do Aquífero Guarani localizadas no Município de Ribeirão Preto, SP, promoverá, sem dúvida, maior equilíbrio ambiental que, por consequência, promoverá menor risco para o aquífero em questão.

Apesar da existência de um grandê acervo de informações obtidas por meio de pesquisas realizadas nas áreas de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP, há que se considerar a necessidade de informação de seus principais atores locais. Esse grupo, formado por vários segmentos da sociedade, necessita de fato, não só de conhecimento, mas também e, principalmente, de sensibilização para entender que o uso racional dessas áreas, com equilíbrio ambiental, é tão importante quanto o lucro obtido na produção agrícola.

Sem dúvida, as BPA's constituem soluções viáveis para o manejo e uso com visão sustentável, o que certamente atenderá as expectativas da população de Ribeirão Preto em relação à proteção das áreas de afloramento do Aquífero Guarani existentes no município.

Referências

- ARÉVALO, R. A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA: Planalsucar: Conesul, 1979. 46 p.
- 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**, Campinas, SP, v. 21, p. 89-8, 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**, Campinas, SP, v. 24, n. 3, p. 599-607, 2000.
- BOLONHEZI, D.; LA SCALA, N.; MUTTON, M. A.; PANOSSO, A.; GENTILIN JÚNIOR., 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 CIENCIA DO SOLO, 16., 2004, Cartagena. **Anais...** Cartagena, 2004. 1 CD-ROM.
- 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.
- CARDOSO, E. M. **Contribuição para o estudo da adubação verde nos canaviais**. 1956. 109 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARRIERI, A. de P.; BASTOS FILHO, G. S. Diagnóstico e descrição dos sistemas de produção da microbacia do Espreado, Ribeirão Preto. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 11, p. 9-17, 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, SP: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Série Técnica , 3).
- CASTRO, O. M. de. **Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas para milho e soja**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. Não paginado. (Relatório técnico).
- CAVALIEIRI, P. A.; FUZZATO, M. G.; FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro: XIV. experiências com mucuna e adubos minerais. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 22, p. 331-350, 1963.
- CERDEIRA, A. L.; SANTOS, N. A. G.; UETA, J.; SHUHAMA, I. K.; PESSOA, M. C. P. Y.; SMITH JUNIOR, S.; LANCHOTE, V. L. Atrazine in water and biodegradation in a recharge area of Guarany aquifer in Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 73, n. 1, p. 117-124, 2004.

- CERDEIRA, A. L.; SOUZA, M. D. de; FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. C. N.; BOLONHEZI, D.; GOMES, M. A. F.; BALDERRAMA, O.; RAMPAZZO, P.; QUEIROZ, R. H. C. Effect of sugarcane coverage on the behavior of tebuthiuron in soil in Brazil. In: ANNUAL MISSISSIPPI WATER RESOURCES CONFERENCE, 36., 2006, Jackson. **Proceedings...** Jackson: Mississippi Water Reserch Institute: Mississippi State University, 2006. 6 p. 1 CD-ROM.
- 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. 1 CD-ROM.
- CHAIM, A.; CAPALBO, D. M. F.; HAMADA, E.; TAMBASCO, F. J.; FERRAZ, J. M. G.; SKORUPA, L. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; 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, DF: CampoPAS , 2004. p. 13-27. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos).
- 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**, Piracicaba, v. 11, n. 5, p. 8-13, 1993.
- DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: CARDOSO, F. P.; PEREIRA, M. H.; DERPSCH, R.; MARINHO, J. R.; BATMANIAN, G.; MARTINS, O. P.; CHAVES, H. M. L.; PORTUGAL, A. D.; HANNAS, C. T. (Ed.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1997. p. 28-48.
- DERPSCH, R. Evolución de la agricultura de conservación y avances tecnológicos. In: ENCUENTRO NACIONAL DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN, 2., 2003, Villavicencio. **Anales...** Villavicencio: [SCCS], 2003. 1 CD-ROM.
- 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**, Amsterdam, v. 8, p. 253-263, 1986.
- DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, 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. 292 p.
- DIAS, F. L. F. **Sistemas de preparo de solo em área de colheita mecanizada de cana crua**. 2001. 83 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- DORST, J. **Antes que a natureza morra**. São Paulo: EDUSP, 1978. 480 p.
- DUNKER, R. E. Historic Morrow Plots produce their highest corn yield in 2003. **Better Crops**, Washington, v. 88, n. 1, p. 20-20, 2004.

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

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

ELEMENTOS de apoio para as boas práticas agropecuárias na produção leiteira. Brasília, DF: CampoPAs, 2004b. 200 p. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento Ambiental. **Impacto ambiental e implicações sócio-econômicas da agricultura intensiva em água subterrânea**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999a. 36 p. Relatório final.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento Ambiental. **Uso agrícola da áreas de recarga do Aquífero Botucatu (Guarani) e implicações na qualidade da água subterrânea**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 38 p. Relatório final.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1999b. 412 p.

EXTOXNET. **The EXTension TOXicology NETwork**. Disponível em: <<http://ace.orst.edu/info/extoxnet>>. Acesso em: 12 jan. 2005.

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

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

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...** Águas de Lindóia: SBCS: ESALQ, 1996a. 5 p. 1 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...** Águas de Lindóia: SBCS: ESALQ, 1996b. 4 p. 1 CD-ROM.

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

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTE, V. Ocorrência do herbicida tebuthiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas; Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, 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.; SOUZA, M. D. de. **Nosso amigo solo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 20 p. (Cartilhas dos Jogos Ambientais da Ema, 2).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Caracterização do potencial de contaminação das águas subterrâneas por agroquímicos**. São Paulo, 1994. 15 p. (Relatório técnico n. 32605).
- 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).
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina do Texto, 2002. 178 p.
- 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. p. 301-322.
- 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: IAC, 1994. 15 p. (Boletim Científico, 32).
- MIKLÓS, A. A. W.; GOMES, M. A. F. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia hidrográfica do Córrego do Espriado, Ribeirão Preto- SP**. São Paulo: Embrapa-CNPMA, 1996. 48 p. (Relatório técnico).
- NEELY, W. B. **Introduction to chemical exposure and risk assessment**. Boca Raton: Lewis Publishers: CRC Press, 1994. 190 p.
- NOVAES, W. Dilemas do desenvolvimento agrário. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 51-60, 2001.
- NUNES JÚNIOR, 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. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, A. M. dos S.; SALOMÃO, F. X. de T. Erosão e assoreamento. In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tecnologia, ambiente e desenvolvimento**. São Paulo, 1992. p. 47-54.
- 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, 2004. 22 p. (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.; FAY, E. F. (Ed.). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 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. 11-122, 2003.

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

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SOUSA, M. D. de; 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**, Bagé, v. 4, n. 1, p. 15-24, 1999.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SOUSA, M. D. de; 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**, Bagé, v. 3, n. 2, p. 11-19, 1998.

PESSOA, M. C. P. Y.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; FERNANDES, E. N.; LIMA, M. A. de. **Principais modelos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 83 p. (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-CNPQ, 1997. p. 479.

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

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

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. 23-29.