

## **IMPACTO AMBIENTAL E IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS DA AGRICULTURA INTENSIVA DE CANA-DE-AÇÚCAR - ESTUDO DE CASO EM RIBEIRÃO PRETO – SP**

**Marco Antônio Ferreira Gomes\***

### **1. INTRODUÇÃO**

A agricultura brasileira tem se destacado pelo uso indiscriminado de insumos, contribuindo sistematicamente para o desequilíbrio dos agroecossistemas.

Nas áreas de cultivo intensivo, particularmente naquelas com a monocultura de cana-de-açúcar, é intensa a utilização de máquinas e agroquímicos que intervêm de maneira quantitativa e qualitativa nos meios biótico, físico e químico do agroecossistema.

A avaliação dos efeitos provocados pelas atividades agrícolas no próprio meio (fatores intrínsecos) e no meio externo (fatores extrínsecos) requer a adoção de metodologia que estabeleça uma relação causal entre a ação “potencialmente poluidora” e a degradação efetivamente verificada. Nesse contexto, adotou-se uma microbacia de uso agrícola intensivo na região de Ribeirão Preto - SP, onde a facilidade de compatibilização das variáveis dentro do sistema tem permitido a compreensão das interações dos diversos compartimentos entre si e com o todo, servindo de modelo para estudo de áreas análogas. A importância dessa microbacia reside ainda no fato de possuir áreas de recarga do Aquífero Guarani (antigo Botucatu), as quais são bastante vulneráveis ao risco de contaminação por agroquímicos.

Como a região de Ribeirão Preto é totalmente abastecida com água proveniente do Aquífero Guarani, têm se tornado relevantes os

---

\* Pedólogo, Pesquisador, Embrapa Monitoramento Ambiental, Caixa postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna-SP. E-mail: gomes@cnpma.embrapa.br

estudos relacionados à qualidade da água dos lençóis subterrâneos e à atividade intensiva de cana-de-açúcar nas chamadas áreas de recarga. O problema adquire importância na medida em que o referido sistema de produção adota alta entrada de insumos, podendo comprometer todo o agroecossistema em um prazo relativamente curto.

O panorama descrito tem exigido esforços no sentido de se estabelecer critérios detalhados em relação às técnicas de amostragem dos diversos compartimentos ambientais. Isso significou, em um primeiro momento, a seleção e adoção de uma metodologia para análise sócio-econômica e metodologias de coleta e de análise de solo e água, obedecendo critérios espaciais e temporais.

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de impacto ambiental em microbacias, intensamente utilizadas pela agricultura, ampliando o conhecimento da realidade, e propor a adoção de medidas mitigadoras ou preventivas de contaminação e ainda a orientação de políticas públicas para o setor.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Aspectos Gerais da Microbacia**

A área objeto de estudo compreende a microbacia do Córrego Espreado localizada na divisa dos municípios de Ribeirão Preto, Cravinhos e Serrana, num total de 4.141ha. Situa-se entre as coordenadas 21° 05' e 21°20' de latitude sul e 47°40' e 47°50' de longitude W.Gr. A altitude média é de 600m. O relevo dominante é do tipo suave ondulado. O solo é constituído predominantemente por Latossolo Vermelho-Escuro próximo às encostas e Areia Quartzosa nas baixadas e porção jusante da Microbacia. A vegetação original era constituída por mata tropical a subtropical subcaducifolia. A geologia da Microbacia do Espreado é constituída por dois litotipos distintos: Rochas basálticas da Formação Serra Geral na parte média e superior (montante) e arenitos da Formação Botucatu, a jusante, até a foz. Do ponto de vista hidrológico destaca-se a climatologia e a hidrogeologia

regional. Conforme a primeira, o clima do Município de Ribeirão Preto é do tipo tropical de inverno seco de savana (AW) segundo Köppen. A temperatura média anual oscila entre 21 e 22°C. A precipitação anual varia entre 1300 e 1500mm/ano. A evapotranspiração potencial obtida pelo método de *Thorntwaite* atinge 1000mm/ano. No caso da hidrogeologia regional, destaca-se o Aquífero Guarani, com área de 16.000km<sup>2</sup>. A recarga do aquífero ocorre apenas nas áreas de afloramento das formações Botucatu e Pirambóia.

## 2.2. Importância da microbacia do Córrego Espreado no estudo de impacto ambiental por agroquímicos.

A importância da microbacia, em estudo, se deve ao fato de ser representativa de várias regiões do país, tais como parte do Triângulo Mineiro, Sul e Sudoeste do Estado de Goiás, representatividade essa caracterizada pela semelhança morfológica, climática, uso agrícola similar (monocultivo intensivo de cana-de-açúcar) e ainda possuir um aquífero que abrange uma área aproximada de 1.000.000km<sup>2</sup>, constituindo-se, portanto, no maior e mais importante lençol de água subterrânea de toda região Centro-Sul do país.

## 2.3. Microbacia com potencial de contaminação da água subterrânea do Aquífero Guarani

O uso intensivo de agroquímicos durante o ano todo, em função da colheita e plantio sucessivos de cana-de-açúcar, associados aos cultivos alternados de milho e feijão irrigados, evidenciam condições excepcionalmente favoráveis à contaminação do solo e água. Essa evidência é, ainda, favorecida pela presença dominante de Areia Quartzosa, principal ponto de recarga do Aquífero Guarani que permite, com maior facilidade, a lixiviação de agro-químicos.

## 2.4. Metodologias para avaliação dos efeitos impactantes das atividades agrícolas

Para se desenvolver e aplicar metodologias de avaliação de impacto em agroecossistemas é preciso que se conheça bem o comportamento das suas principais variáveis no espaço e no tempo. Dessa forma, torna-se fundamental o conhecimento preliminar dos seguintes fatores e/ou características da área objeto de estudo: **a) Morfologia**, que deve incluir informações sobre relevo e declividade; **b) Geologia**, verificar a influência das rochas na percolação das águas que vão alimentar os lençóis subterrâneos; **c) Hidrologia** - para auxiliar no entendimento dos mecanismos de fluxo das águas subterrâneas; **d) Solos** - para estudo da variação das propriedades físicas e químicas, como indicadoras de impacto, e como referência para seleção de locais de amostragem para análise de resíduos de agroquímicos (locais com maior potencial de lixiviação); **e) Água** - particularmente a subterrânea, que se constitui em um dos principais alvos de aferição das ações impactantes da microbacia em estudo; **f) Microfauna/Mesofauna do solo** - constituem-se em elementos indicadores de alteração do agroecossistema, pela predominância de determinadas populações; **g) Área de Vegetação nativa** - servirá como ponto de referência (padrão) para comparação com as variáveis (solo e microrganismos) da área cultivada; **h) Plantas cultivadas** - dominância (75% da área) do cultivo de cana-de-açúcar, que serão analisadas, periodicamente, em relação à concentração de herbicidas; **i) Dados climáticos** - informações sobre precipitação e temperatura média mensal e anual e ainda evapotranspiração para análise do balanço hídrico da área que servirá como subsídio para determinação do balanço de herbicidas no sistema solo-planta-atmosfera.

Com a definição das variáveis descritas, estabeleceu-se o monitoramento, caracterizado pela coleta sistemática de material (solo, sedimento, água etc.) em espaço e tempo definidos, obedecendo métodos de coleta e amostragem com validade estatística (Mc BRATNEY et al. 1983; PEDROTTI et al., 1995).

## 2.4.1. Aspectos metodológicos de coleta de amostras/dados

### 2.4.1.1. Solo

No monitoramento, as amostras de solo são coletadas, bimestralmente, com pretensão de um período de quatro anos, em pontos de uso intensivo do cultivo de cana-de-açúcar, em profundidade de 0cm-120cm, com intervalos de 20cm. Extratores de solução do solo foram instalados para obtenção de amostras que são, posteriormente, submetidas às análises de nitratos e herbicidas.

### 2.4.1.2. Água

No caso da água subterrânea, coletas têm sido feitas em poços artesianos limítrofes à microbacia e em um poço existente dentro da área, com coletas mensais para avaliação espacial e temporal das concentrações de nitratos e herbicidas. Paralelamente, tem-se procedido à coleta mensal de amostras de água superficial ao longo do Córrego do Espriado, obedecendo pontos com equidistância de 1000 metros.

### 2.4.1.3. Sócio-economia

Em relação à abordagem sócio-econômica, as atenções têm se voltado para o perfil do agricultor, observando as mudanças ocorridas, até os dias atuais, com a implantação da cultura da cana-de-açúcar a partir da década de 40.

## 2.4.2. Aspectos metodológicos de análise das amostras/dados

No processo de análise, as amostras de solo, tanto da área nativa quanto cultivada estão sendo submetidas à determinação dos principais atributos físicos e químicos observando-se prováveis variações entre um e outro período de coleta. Tais atributos incluem densidade do solo, de partícula, porosidade total, relação macro/microporos, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados, (Embrapa, 1979) e ainda, análise química de rotina (RAIJ &

QUAGGIO, 1983), além de ferro e alumínio ativos (McKEAGUE, 1978). Determinações de ácido fúlvicos e húmicos serão realizadas para auxiliar no rastreamento de herbicidas (CAMARGO, 1986), uma vez que aquelas substâncias se interagem com os agrotóxicos. Nesse caso, será adotada a técnica de absorção eletrônica UV-visível e Infravermelho (FTIR), segundo SENESI (1992) e BARRIUSO et al (1992). Análises para detecção dos níveis de atrazina, simazina, ametrina, diuron, tebuthiurone hexazinone estão sendo feitas com a utilização da cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons (CG-ECD), segundo PRADO et al. (1995) e cromatografia líquida de alta eficiência, conforme HERMES et al (1995). Para determinação de nitratos serão considerados inicialmente as técnicas abordadas por ALBERTS (1977); REICHARDT (1977) e LIMA et al (1995), com especial atenção para o método de extração com  $\text{CaSO}_4$  (0,02 M) relação 1:3.

As amostras de água estão sendo analisadas também quanto ao teor de nitratos e herbicidas, obedecendo as mesmas técnicas de determinação adotadas para o solo.

No caso das análises referentes à caracterização da microfauna/microflora do solo, bem como a identificação de microrganismos selecionados com habilidade de biodegradar, resistir ou apresentar alta sensibilidade a pesticidas, serão adotadas as seguintes técnicas: a) isolamento de bactérias resistentes à atrazina; b) caracterização das linhagens bacterianas isoladas (RAPD), segundo COUTINHO et al (1993).

Os resultados obtidos em relação ao solo, água, nitratos, herbicidas, microrganismos do solo, dados climatológicos e fisiográficos da microbacia devem alimentar modelos matemáticos e sistemas de inteligência artificial, que evidenciarão não só a existência de ações impactantes mas também indicarão as ações de intervenção necessárias para mitigar os impactos ambientais, porventura detectados. Dentre tais modelos, foi selecionado inicialmente o CMLS - Chemical Movement in Layered Soils (NOFZIGER & HORNSBY, 1986) pela facilidade de aplicação, já que esse modelo estima a profundidade de concentração máxima de um soluto, como uma função do tempo decorrido de aplicação.

### 3. RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos até o momento incluem caracterização fisiográfica da área de estudo, a caracterização sócio-econômica preliminar, a sistemática de coleta de amostras de solo e água e os dados parciais de análises periódicas de herbicidas e nitratos.

No aspecto sócio econômico, tem-se observado uma diminuição progressiva do número de propriedades com diversificação de culturas dentro da área. Em 1994, o IEA-Instituto de Economia Agrícola de São Paulo identificou 16 unidades de produção envolvendo, além da cana-de-açúcar, o confinamento de bovinos, ovinos, criação de cavalos, plantio de café, olerícolas, de lazer e outras de subsistência com diversificação de culturas em áreas bem restritas. No entanto, após dois anos, observou-se que o número dessas propriedades decresceu para 9, enquanto a área de cana-de-açúcar sofreu um aumento da ordem de 15%. Essa situação indica que os pequenos proprietários, normalmente descapitalizados, têm cedido, na forma de arrendamento, ou mesmo vendido, suas propriedades para as empresas que dominam o setor canavieiro. Socialmente, percebe-se então o seguinte panorama: a) Tendência de diminuição ou extinção do extrato de agricultores; b) Migração dessa massa humana para os centros urbanos; c) Diminuição da produção de alimentos básicos e aumento do consumo dos mesmos nos núcleos urbanos. Do ponto de vista econômico, percebe-se que, pelo arrendamento, o pequeno proprietário obtém algum ganho, mas para aquele que vende sua propriedade a tendência é o empobrecimento rápido, já que ele, muitas vezes, não está preparado para realizar outros negócios fora da área agrícola. Há de se considerar ainda a valoração econômica do impacto que a monocultura de cana-de-açúcar está causando no ambiente ou agroecossistema. Esse estudo ainda encontra-se em andamento, mas há indicativos de que a recuperação de cada hectare plantado com cana, ou seja a mudança para um sistema mais correto, do ponto de vista agroecológico, deva se situar em torno de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais). Esse indicativo, se baseia na necessidade de recuperar o solo com a introdução de adubação química e orgânica balanceada, a

princípio, seguida de uma adubação orgânica crescente por um período mínimo de 5 anos. Acrescente-se a isso, a necessidade de diversificação de culturas, consorciações e manejos adequados de solo e água.

As análises referentes à ocorrência de herbicidas e nitratos em água, tanto superficial quanto subterrânea, indicaram a presença desses compostos em concentrações abaixo do nível crítico estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para os padrões de potabilidade. No caso dos nitratos, a avaliação tem sido bimestral, com amostragens a partir do mês de maio de 1996. Os maiores valores foram encontrados no poço localizado dentro da Microbacia do Espriado. No entanto, observou-se uma tendência de maiores valores no mês de maio. Considerando que este mês se situa dentro de um período de estiagem, é provável que a diminuição do volume do reservatório (aquífero) tenha sido responsável pelo “efeito concentrador” do composto em questão.

No caso dos herbicidas, a complexidade é maior quando se refere à concentração de suas moléculas constituintes. Uma análise dos valores obtidos durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 1995 e durante os meses de janeiro, março, maio e julho de 1996, revelou que, para os cinco produtos analisados (tabuthiuron, hexazinone, diuron, simazina, atrazina e ametrina), houve uma concentração preferencial para o tebuthiuron e hexazinone, evidenciando que somente moléculas de alta mobilidade estão chegando ao lençol subterrâneo.

#### **4. CONCLUSÕES PARCIAIS**

O sistema de monocultivo de cana-de-açúcar deve proporcionar um impacto negativo no agroecossistema, em escala ainda imprecisa em termos de dano ambiental. A implementação de uma metodologia de avaliação de impacto deverá dimensionar esse dano;

A presença de herbicidas e nitratos na água superficial e subterrânea da Microbacia do Espriado e áreas circunvizinhas se

encontra em níveis abaixo daqueles considerados críticos, o que não define ainda uma condição impactante nesse agroecossistema;

A contaminação do lençol subterrâneo por tebuthiuron e hexazinone poderá ocorrer, conforme mostram os valores mais elevados de concentração desses produtos, bem como a simulação pelo CMLS, a médio prazo, a partir do Latossolo Vermelho-Escuro textura média e Areia Quartzosa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTS, E.E. Soil Nitrate-N determined by coring solution extraction techniques. **Soil Science and Society of American Proceedings**. v. 41, p. 90-92, 1977.
- BARRIUSO, E.; FELLER, C.; CALVERT, R.; CERRI, C. Sorption of atrazine, terbutryn and 2,4-D herbicides in two Brazilian Oxisols. **Geoderma**, v.53, p. 155-167, 1992.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.S.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: IAC, 1986. 94 p. IAC. (Boletim Técnico 106)
- COUTINHO, H.L.C.; HANDLEY, B.A.; KAY, H.E.; STENVENSON, L.; BERINGER, J.E. The effect of colony age on PCR finger-printing. **Letters of Applied Microbiology**, v.17, p. 282-284, 1993.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, RJ. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1979. 227p.
- GOMES, M.A.F. Impacto da agricultura intensiva de cana-de-açúcar sobre as propriedades do solo e da água subterrânea: estudo de caso em Ribeirão Preto-SP. In: Encontro Anual da Seção Brasileira da International Association for Impact Assessment, 4., 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais ...** Belo Horizonte, 1995. p. 383-387.
- HERMES, L.C.; LIGO, M.A.; DORNELAS DE SOUSA, M., VIEIRA, S.R.; ABAKERLY, R.B.; CASTRO, O. de M. Perdas por deflúvio superficial de 2,4-D atrazina aldicarb sulfóxido e trifluralina em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais ...** Viçosa: UFV/SBCS, 1995. p. 2415-2416. v.4.

- LIMA, C.C.; RUIZ, H.A.; MENDONÇA, E. de S. Comparação de metodologias para determinação de nitrato no solo, utilizando espectrometria. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais**. Viçosa: SBCS-UFV, 1995. P.208-210.
- McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Optional interpolation and isarithmic mapping of soil properties. V Coregionalization and multiple sampling strategy. **Journal of Soil Science**, v.34, p. 137-162, 1983.
- McKEAGUE, J.A., ed. **Manual on soil sampling and methods of analysis**. 2.ed. Canadian Society of Soil Science, 1978. 221p.
- NOFZIGER, D.L.; HORNSBY, A.G. A microcomputer-based management tool for chemical movement in soil. **Applied Agricultural Research**, v.1, p. 50-56, 1986.
- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; TURATTI, A.L. Metodologia modificada para coleta de amostras de solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais**. Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p.3 - 5. v.1.
- PRADO, A.G.S. DE.; LANDGRAF, M.D.; VIEIRA, E.M., REZENDE, M. de O. Estudo da interação físico-química, adsorção-desorção do ácido 2,4 no solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais**. Viçosa: SBCS-UFV, 1995. p.2396-2397, v.4.
- RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 31p. IAC. (Boletim Técnico, 81)
- REICHARDT, K. Extração e análise de nitratos em solução de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 130-132, 1977.
- RODRIGUES, I. **Avaliação de atrazina e simazina em águas superficiais e subterrâneas através de cromatografia líquida de alta eficiência**. Ribeirão Preto: USP, 1994. 92p. (Tese de Mestrado)
- SENESE, N. Binding mechanisms of pesticides to soil humic substance. **The Science of the Total Environment**, v.123, p. 63-76, 1992.