

CAPÍTULO 13

SIG NA AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL POR AGROQUÍMICOS

Marcos Corrêa Neves
Marco Antônio Gomes
Alfredo José Barreto Luiz
Cláudio Aparecido Spadotto

13.1 Introdução

A agricultura moderna, voltada para a produtividade, é altamente tecnificada e dependente em insumos agrícolas. O uso de agroquímicos nestes sistemas de produção geram um tipo de poluição que se caracteriza pela baixa concentração de contaminantes em extensas áreas. Este tipo de poluição é classificada como não pontual ou difusa. Nos últimos anos, vem aumentando a preocupação com os impactos que esta poluição pode causar no ambiente e principalmente nos mananciais de água superficial e subterrânea. Em razão deste fato, muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de estabelecer a relação entre os sistemas de produção agrícola e a degradação do ambiente.

Os impactos que os agroquímicos podem causar resultam das interações entre as suas propriedades inerentes de aplicações, as particularidades do local, as condições climáticas e ainda o sistema de produção em que são aplicados. A consideração conjunta destas condições altamente variáveis dificulta a análise e a previsão dos efeitos ambientais.

A quantidade e a natureza das condições, que variam no tempo e espaço, indicam que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como ferramenta básica pode auxiliar na análise dos impactos ambientais provocados pelos agroquímicos. Neste capítulo, apresentaremos uma proposta de uso do SIG no processo de avaliação de impacto ambiental pelos agroquímicos.

13.2 Desenvolvimento de um método

A literatura apresenta um conjunto de procedimentos para a avaliação do

impacto ambiental. Tais procedimentos apresentam diferenças marcantes quanto aos fatores que consideram em sua análise e também em função de diferentes níveis de complexidade. A utilidade de cada um depende do objetivo da avaliação, mas todos apresentam potencialidade e limitações. Levitan et al. (1995) apresentaram uma comparação entre diferentes métodos para avaliação de impactos ambientais por agroquímicos. Tais métodos buscam em geral uma maneira de comparar os riscos envolvidos no uso dos produtos, possibilitando a escolha de práticas que ofereçam menores impactos.

Com o desenvolvimento dos SIGs, vários trabalhos de integração com modelos ambientais têm sido propostos (Haan et al., 1993; Maidment, 1993; Tim & Jolly, 1994; Jankowski & Haddock, 1996). Aqui apresentamos uma alternativa baseada na utilização de SIG com um modelo empírico, baseado na coexistência espacial de fatores relevantes. Este método está sendo desenvolvido pela Embrapa-CNPMA¹, como ferramenta de auxílio na avaliação de impactos ambientais provocados por agroquímicos (Luiz et al., 1996).

A idéia básica deste método é utilizar as informações ambientais para determinar a tendência do comportamento da água em toda a área estudada. A importância atribuída a água se deve ao fato dela ser o principal veículo de transporte dos agroquímicos no ambiente. O método usa como dados de entrada as informações de fácil aquisição, para que possa ser aplicado dentro da realidade encontrada no país. A área em estudo é dividida em pequenas células e para cada célula é estabelecido um potencial de infiltração e escoamento superficial. Estes potenciais são determinados a partir de uma matriz de relacionamento lógico envolvendo informações de solo, como condutividade hidráulica por exemplo, e declividade do terreno. Para cada célula da área também são verificados os produtos aplicados e a oferta de água.

A Figura 13.1 ilustra o relacionamento global entre as informações que são analisadas no método proposto. O passo inicial é a definição do compartimento ambiental a ser analisado (água superficial, subsuperficial ou solo), já que as relações entre os fatores variam de acordo com o compartimento a ser analisado. O lado esquerdo do diagrama mostra o procedimento para se obter o plano de informação de potencial de infiltração e escoamento superficial.

Para a determinação qualitativa da condutividade hidráulica são consideradas as variáveis textura, estrutura, estabilidade de agregados e profundidade de solo. Com a combinação destas quatro variáveis se chegou a três grupos de condutividade hidráulica: alta, média e baixa. Esta classificação é apresentada com detalhes por Gomes et al. (1996a). A relação entre os principais solos brasileiros e sua classificação quanto à condutividade hidráulica é mostrada na Tabela 13.1.

As declividades de terreno são agrupadas também em três classes: baixa,

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental.

suave e alta, contendo respectivamente declividades menores que 3%, de 3 a 8% e de 8 a 20%. As áreas com declividade acima de 20% são de uso restrito para a agricultura mas, para efeito de cálculos no presente trabalho, também são consideradas como áreas de alta declividade.

O cruzamento dos dois planos de informação, condutividade hidráulica e classes de declive, dão origem a um terceiro plano denominado de potencial de infiltração/escoamento superficial. A matriz de relacionamento empregada é mostrada na Tabela 13.2. O potencial de infiltração é definido a partir da relação entre a condutividade e a declividade. O potencial de escoamento superficial tem comportamento oposto, isto é, onde o potencial de infiltração é alto o de escoamento é baixo e vice-versa.

O resultado prático deste cruzamento de informações de declividade do solo e condutividade hidráulica é a definição, para cada célula, da tendência relativa do comportamento da água, ou escoar superficialmente ou infiltrar no perfil de solo. Uma vez definida e classificada a área em função dos parâmetros ambientais considerados, o próximo passo é verificar as características próprias dos produtos e a variação da oferta de água no ambiente.

Para avaliar as propriedades dos produtos, faz-se primeiramente o levantamento de quais produtos são utilizados na área e como são aplicados (época, concentração e cultura). Estes dados são referenciados espacialmente usando o mapa de uso da terra. Para os produtos analisados são avaliados parâmetros de mobilidade, persistência, concentração e outros mais específicos do objeto da análise, por exemplo, toxicidade humana. Neste ponto, pode-se optar em fazer uma hierarquização, levantando somente os produtos usados sobre as áreas mais expostas do ponto de vista ambiental e desconsiderando os produtos que oferecem menos riscos ao compartimento analisado.

O regime pluviométrico é usado para estabelecer a oferta de água na área em estudo, classificando os meses em chuvosos, secos e intermediários. Em áreas extensas onde ocorre a variação espacial significativa da chuva e consegue-se estimar esta variação pelas estações meteorológicas existentes, poder-se-ia construir mais um plano de informação, que representaria esta variação no espaço. O esquema geral apresentado na Figura 13.1 é para áreas relativamente pequenas, tais como microbacias, onde a oferta de chuva é considerada constante para todas as células da área.

A análise final é feita considerando os locais onde ocorrem simultaneamente fatores que agravam o risco, com o mapa final indicando as áreas que merecem maior atenção. Neste ponto, temos um visão abrangente da área em estudo, os locais mais vulneráveis do ponto de vista ambiental, uma classificação dos produtos usados na área e os lugares onde há maiores chances de estar havendo contaminação do compartimento analisado. Estes são os produtos ou a contribuição que este método pode dar ao processo geral da avaliação.

Nesta análise final está embutida uma matriz de relacionamento não explicitada no diagrama. Estas relações são definidas em função dos objetivos finais da avaliação

e pode variar em complexidade dependendo do número de produtos usados na área e as propriedades dos produtos que se deseja considerar.

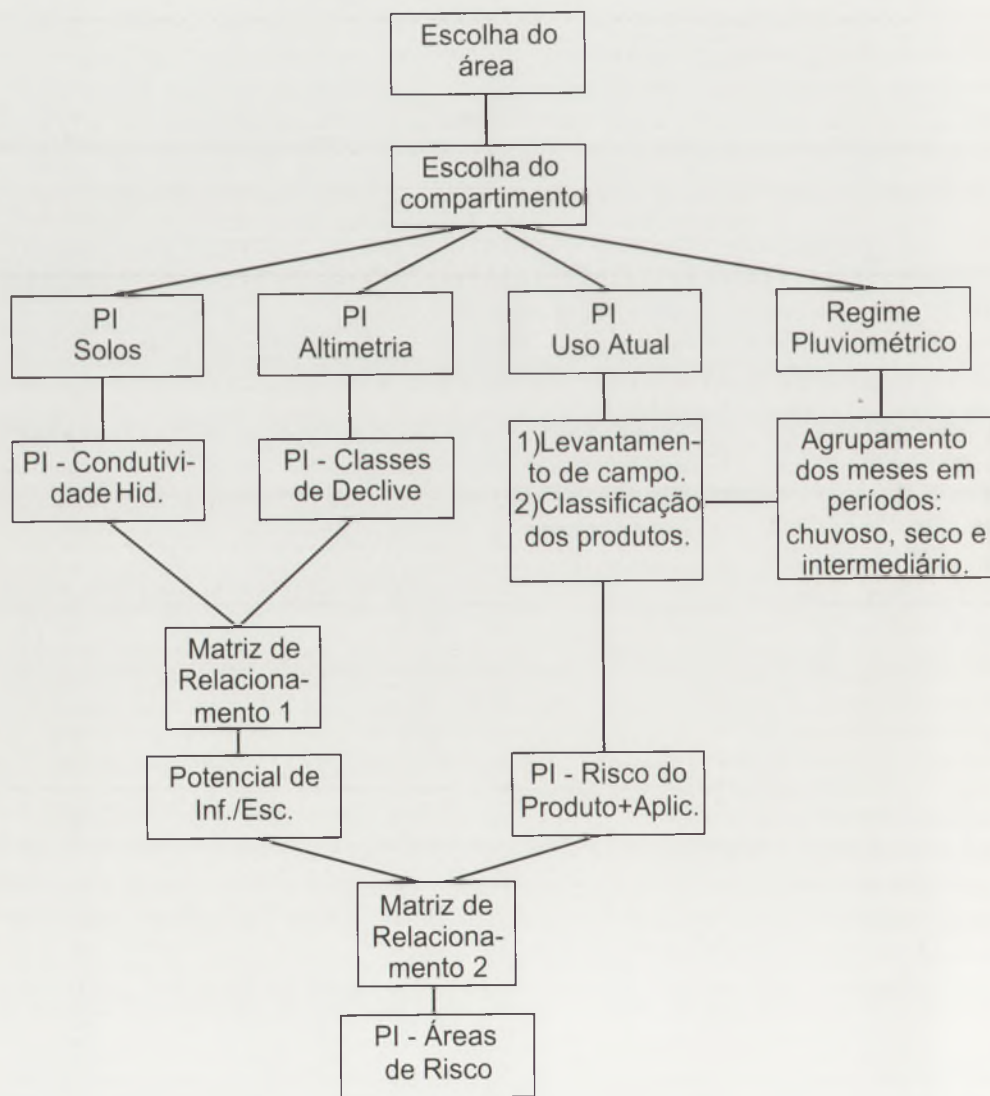


Figura 13.1 - Esquema geral das etapas de trabalho.

Tabela 13.1 - Classificação da condutividade hidráulica das principais classes brasileiras de solos, em alto nível categórico, em função de algumas propriedades físicas do solo.

Classe de Solo	Textura Dominante	Estrutura Dominante	Estabilidade de Agregados	Profundidade (Horiz. A+B)	Condutividade Hidráulica
Latossolo Roxo	Argilosa	Blocos Angulares a sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
Latossolo Vermelho Escuro	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
	Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
Latossolo Vermelho Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
	Arenosa	Granular	Instável	Profundo	Média
Latossolo Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
	Argilo-Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
	Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
Terra Roxa Estruturada	Argilosa	Blocos Angulares	Estável	Profundo	Alta
Podzólico Vermelho Escuro	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
Podzólico Vermelho Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
Podzólico Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média

* O Latossolo Amarelo apresenta problemas de permeabilidade restrita e infiltração lenta, devido sobretudo ao adensamento que existe no horizonte AB ou BA (Oliveira et al., 1992, citados por Gomes et al., 1996a), constituindo-se em exceção no método de classificação adotado.

Tabela 13.2 - Potencial de infiltração a partir de condutividade hidráulica e declividade.

Condutividade	Declividade		
	Baixa (< 3%)	Suave (3 a 8%)	Alta (8 a 20%)
Baixa	Médio	Baixo	Baixo
Média	Alto	Médio	Baixo
Alta	Alto	Alto	Médio

13.3 Aplicação do método

Mostraremos alguns resultados alcançados com este método, que está sendo aplicado na microbacia do córrego Espriado, localizada na região de Ribeirão Preto, estado de São Paulo. Nesta região encontra-se o importante aquífero Botucatu. O abastecimento da cidade de Ribeirão Preto é feito quase em sua totalidade utilizando a água deste aquífero. A região apresenta um agricultura intensiva, com o predomínio da cultura da cana-de-açúcar. Devido a estas características, a Embrapa-CNPMA promove uma série de estudos com o objetivo de desenvolver métodos para avaliar e monitorar os impactos ambientais negativos da agricultura. A microbacia possui uma área de 4.463 ha, dentro dela existe uma zona de recarga do aquífero, localizada em sua parte mais ao norte (Leite, 1993). Nesta microbacia, a cultura de cana-de-açúcar cobre cerca de 67% da área. Ela apresenta ainda algumas áreas irrigadas (7%), pasto e alguns outros usos agrícolas menos expressivos em área.

O SIG usado para o processamento e análise dos dados foi o Idrisi. Este SIG é um sistema de processamento de imagem e informação geográfica baseado em grade, desenvolvido na Graduate School of Geography da Clark University de Massachusetts, USA (Eastman, 1992). As principais vantagens do Idrisi em relação a outros sistemas é o seu baixo custo e baixa exigência de hardware. Considerando que as funções utilizadas neste SIG estão presentes na maioria dos sistemas existentes, acreditamos que este método possa ser aplicado independente do sistema usado.

O plano de informação descrevendo a ocorrência de níveis de condutividade hidráulica foi obtido a partir de um mapeamento dos solos da área, resultado de um detalhamento efetuado sobre o mapa de solos 1:100.000 (IAC, 1991), usando fotografias aéreas, escala 1:25.000 e trabalho de campo (Donzelli, 1996). Este detalhamento conferiu maior precisão espacial aos limites das unidades de solos e separou algumas unidades. Estas informações foram aplicadas às cartas planialtimétricas do IGC (1992), e posteriormente digitalizadas. A partir do mapa de solos e da classificação apresentada em Gomes et al (1996b), chegou-se ao Plano de

Informação Condutividade Hidráulica, apresentado na Figura 13.2.

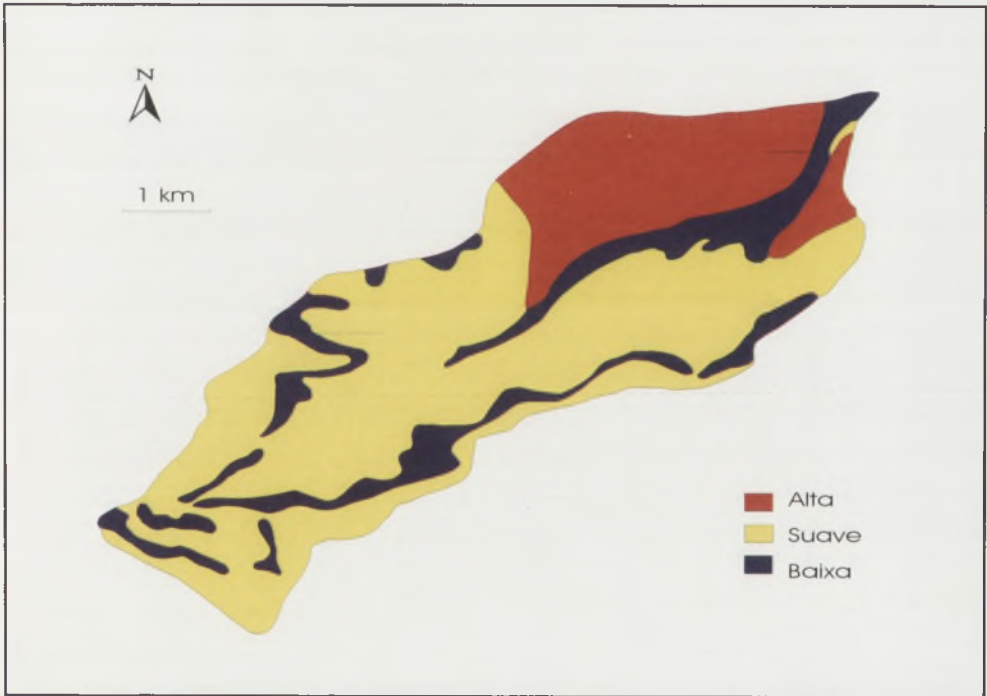


Figura 13.2 - Classificação quanto à condutividade hidráulica dos solos.

As cartas planialtimétricas, escala 1:10.000 (IGC, 1992), foram usadas também como fonte de informação para extração do modelo numérico de terreno, passo intermediário para o cálculo das declividades para cada célula da microbacia. Para se chegar ao plano das classes de declive, realizou-se o seguinte processo: primeiro foram digitalizadas as informações de altimetria. Estas informações, de natureza vetorial, foram rasterizadas. Posteriormente utilizou-se uma interpolação para preencher as células sem informação de altimetria, gerando um modelo numérico de terreno para a microbacia. Finalmente foram calculadas as declividades e agrupadas nas três classes pretendidas (Figura 13.3).

O cruzamento das informações dos planos acima, seguindo a matriz de relacionamento apresentada na Tabela 13.1, produziu o mapa de potencial de infiltração apresentado na Figura 13.4. A representatividade das classes alto, médio e baixo potencial são 19%, 41% e 40% respectivamente, em relação à área total da microbacia.

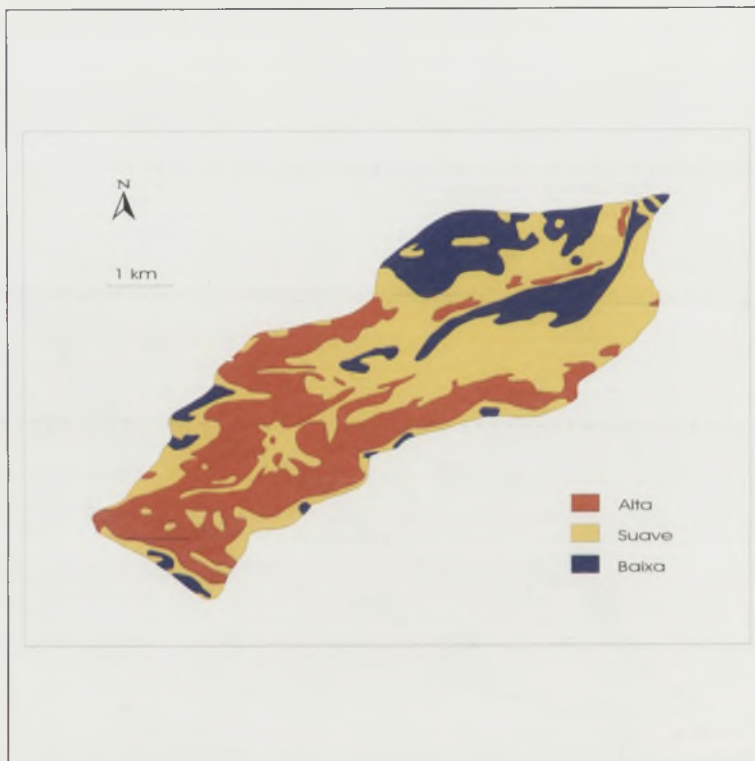


Figura 13.3 - Classificação quanto à declividade do terreno.

Os produtos utilizados na área foram levantados e suas propriedades de mobilidade, persistência e concentração determinados. Como nesta microbacia o objetivo é detectar a presença dos produtos no perfil de solo para que possamos validar o método, estas características são suficientes. Se o interesse fosse outro, como por exemplo envolvendo a saúde humana, a toxicidade aguda poderia ser também considerada ou ser usada como uma restrição para a eliminação ou priorização de alguns produtos.

13.4 Conclusão

Na análise dos impactos ambientais provocados por agroquímicos estão envolvidos diversos fatores que possuem variação espacial e temporal. O uso de SIG como uma ferramenta traz um significativo auxílio na representação espacial e no processamento deste dados. O método apresentado neste capítulo teve o objetivo de estabelecer um procedimento para ser executado como um primeiro passo dentro da avaliação dos impactos causados pelos agroquímicos, identificando espacialmente as áreas com maiores risco de contaminação do ponto de vista ambiental e as áreas com um maior risco considerando os produtos e alguns aspectos da sua aplicação, produzindo, com isto, uma visão espacial da situação da área.

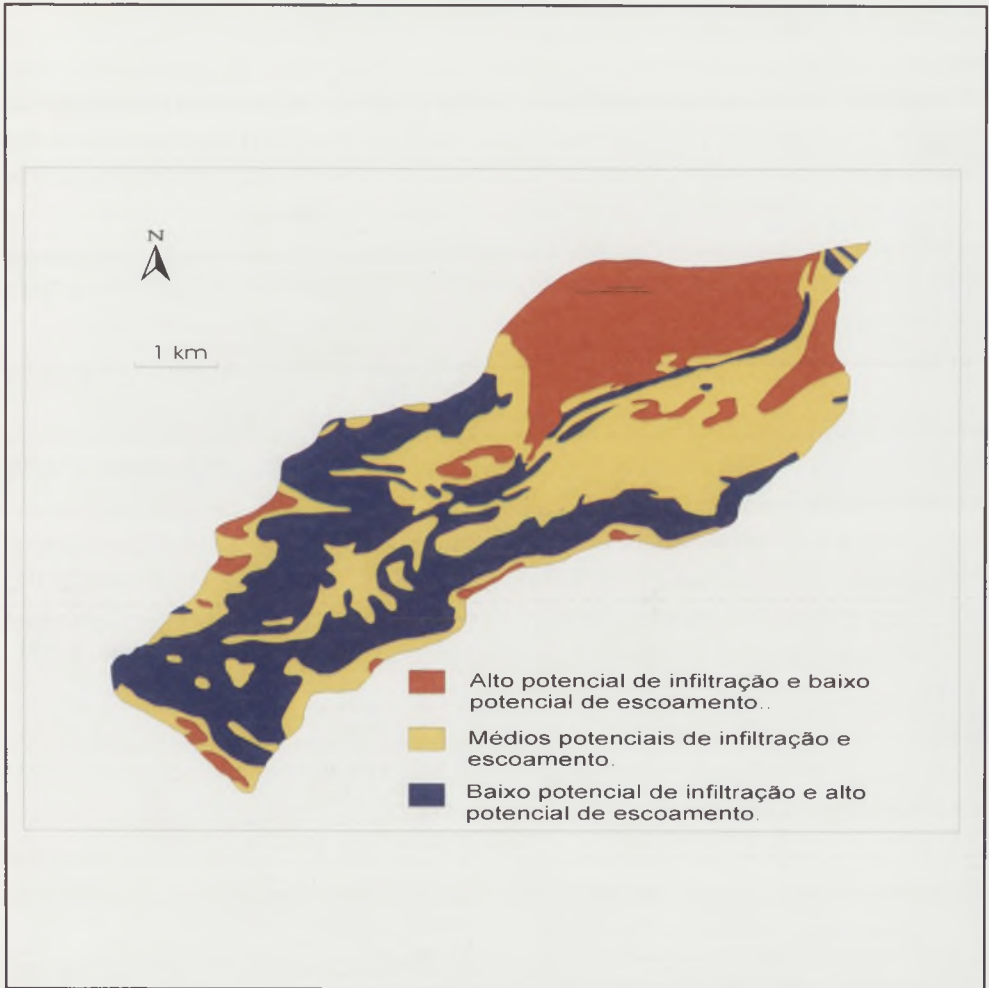


Figura 13.4 - Potenciais de infiltração e escoamento superficial.

13.5 Referências

- DONZELLI, P.L. *Relatório final de consultoria*. Jaguariuna: Embrapa-CNPMA, 1996. 14p. Documento interno.
- EASTMAN, J.R. *IDRISI - Versão 4.0 - User's Guide*. Worcester: Clark University, 1992.
- 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 solos da microbacia do Córrego Espreado em Ribeirão Preto - SP. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 10., 1996,

- Águas de Lindóia. *Anais...* (S.l.): SBCS/ESALQ, 1996.
- 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, 10., 1996, Águas de Lindóia. *Anais...* (S.l.): SBCS/ESALQ, 1996b.
- HAAN, C.T.; NOFZIGER, D.L.; GREGORY, M. An agricultural chemical evaluation and management system. *Jornal Agricultural Engineering Research*, v.56, p.301-312, 1993.
- IAC. *Plano cartográfico do Estado de São Paulo: carta pedológica do Estado de São Paulo - Ribeirão Preto*. Campinas, 1991. Mapa, escala 1:100.000.
- IGC. *Plano cartográfico do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1992. Mapa, escala 1:10.000, folhas 37/87, 35/88, 36/88, 35/89, 36/89 e 37/89.
- JANKOWSKI P.; HADDOCK G. Integrated nonpoint source pollution modeling system. In: GOODCHILD, M.F.; STEYAERT, L.T.; PARKS, B.O.; JOHNSTON, C.; MAIDMENT, D.R.; CRANE, M.; GLEDNNING, S. eds. *GIS and environmental modeling: progress and research issues*. Fort Collins, 1996. p.209-211.
- LEITE, C.B.B. *Caracterização do potencial de contaminação das águas subterrâneas por agroquímicos - hidrologia da microbacia*. São Paulo: IPT, 1993. 16p. (Relatório 32.605).
- LEVITAN, L.; MERWIN, I.; KOVACK, J. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: the quest for a holistic method. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.55, p.153-168, 1995.
- LUIZ, A.J.B.; NEVES, M.C.; GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; LUCHIARI JÚNIOR, A. Risk assessment of water contamination by agrochemical in watershed. In: CONFERENCE ON ENVIRONMENTRICS IN BRAZIL, 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo: USP, 1996. p.G13-G14.
- MAIDMENT, D.R. GIS and hydrologic modeling. In: GOODCHILD, M.F.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T. eds. *Environmental Modeling with GIS*. Oxford: Oxford University 1993. p.147-167.
- TIM, U.S.; JOLLY, R. Evaluating agricultural nonpoint-source pollution using integrated Geographic Information System and Hydrologic/Water Quality Model. *Journal Environmental Quality*, v.23, p.25-35, 1994.