

Uso agrícola das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Brasil e implicações na qualidade da água subterrânea¹

Marco Antonio Ferreira Gomes²
Cláudio A. Spadotto²
Heloísa Ferreira Filizola²

RESUMO

A percepção dos impactos ambientais, notadamente em relação àqueles de caráter negativo, normalmente é obtida quando os problemas já se tornam visíveis, a exemplo de uma patologia com diagnóstico tardio. Como os recursos naturais são finitos, não se pode permitir que a percepção, nem a solução do problema, se dê de forma lenta e com atraso, quando então os danos de ordem social, econômica e ambiental já tenham sido imputados a um determinado ambiente.

No Brasil, tem-se observado, em muitos casos, que não há conformidade do uso do solo com sua aptidão, tampouco são considerados aspectos agroclimáticos, importantes na implantação de sistemas agrícolas mais produtivos e ambientalmente mais equilibrados. Tal comportamento, tem sido responsável pelo uso agrícola de áreas frágeis, do ponto de vista ambiental, em extensas porções do território brasileiro.

Um exemplo de ocupação de áreas frágeis no Brasil é a que contempla a **faixa de recarga** do Arenito Botucatu que encerra o Aquífero Guarani. Essa faixa é assim denominada, embora existam alguns pontos de descarga, por representar os locais onde a água das chuvas se infiltra, alimentando a zona saturada sem maiores obstáculos, já que não existe qualquer pacote rochoso a atravessar.

Nas diferentes regiões onde ocorre o Aquífero Guarani, seja no Brasil seja no Paraguai ou Uruguai, a diversificação de uso e de manejo têm sido muito grande em suas áreas de recarga, exibindo porções com uso agrícola intensivo, pastagens, áreas de preservação e até abandonadas, a exemplo do que ocorre nos focos de “desertificação” do Rio Grande do Sul. O interesse em se conhecer melhor a ocupação das áreas de afloramento do Aquífero Guarani é decorrente da fragilidade que elas oferecem em relação ao uso agrícola e, conseqüentemente, da possibilidade de descida de produtos químicos até a zona saturada. Acrescente-se a esse fato, a demanda crescente por água subterrânea, uma vez que as águas de superfície exigem custos elevados de tratamento para o consumo humano.

Diante desse cenário, a pesquisa agropecuária, particularmente por meio da Embrapa Meio Ambiente, vem desenvolvendo um trabalho de avaliação de riscos de contaminação da água subterrânea do Aquífero Guarani, considerando as diferentes atividades agrícolas ao longo de suas áreas de recarga. Essas áreas já foram classificadas em **Domínios Pedomorfoagroclimáticos**, visando subsidiar os estudos de ordenamento e proposta de manejo agro-ecológico, em fase inicial, para as nascentes do rio Araguaia, GO/MT .

1/ Projeto em execução pela Embrapa Meio Ambiente.

2/ Pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340 Km 127,5 Caixa Postal 69, Jaguariúna-SP. 13.820-000. E-mail: gomes@cnpma.embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

O uso agrícola dos mais diferenciados tipos de solos tem sido intensificado no Brasil nos últimos anos, atendendo a uma busca permanente de aumento de produção e expansão de novas fronteiras agrícolas. Esse comportamento, no entanto, não tem obedecido, a rigor, critérios técnicos, resultando em prejuízos de ordem econômica, social e ambiental para a sociedade.

Dentre os solos com uso sem muito critério, no que se refere à aptidão, estão os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS psamíticos (EMBRAPA, 1999) das áreas de recarga do Aquífero Guarani, que juntos ocupam cerca de mais de 100.000 Km² em território brasileiro e outros 50.000 Km² distribuídos pelo Uruguai e Paraguai (ARAÚJO et al, 1995; ROCHA, 1996).

O interesse em se conhecer melhor a ocupação das áreas de recarga do Aquífero Guarani, tem sido em decorrência da crescente demanda por água subterrânea, uma vez que as águas superficiais tendem a se escassear, além de exigirem custos mais altos de tratamento para consumo humano. No âmbito do Mercosul, a mobilização de vários especialistas já começou e as atenções têm sido voltadas para a gestão sustentável do Aquífero Guarani.

No Estado de São Paulo, onde se conhece mais sobre as áreas de afloramento já mencionadas, foi desenvolvido um trabalho na região de Ribeirão Preto, por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente no período 1995-1999, que possibilitou um ganho de conhecimento em relação a alguns parâmetros físico-químicos relativos aos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e solos associados, bem como de alguns herbicidas neles aplicados. Tal estudo possibilitou uma avaliação do nível de comprometimento das práticas agrícolas, não só com a conservação do solo, mas também com o risco de contaminação da água subterrânea por moléculas orgânicas (GOMES et al, 1996).

Assim, o presente trabalho visa uma caracterização dos riscos de contaminação da água subterrânea do Aquífero Guarani, à partir de suas áreas de recarga, em território brasileiro, considerando as diferentes práticas agrícolas nelas existentes. Essa informação, disponibilizada em forma de mapas e textos explicativos, terá como objetivo maior um subsídio aos órgãos públicos na formulação de leis de ocupação agrícola dessas áreas. Os resultados deste trabalho servirão também de subsídio à tomada de decisão para intervenção imediata nas áreas de recarga e, ainda, como um documento orientador na implantação, mais segura, de processos de gestão do Aquífero Guarani, que inclui entre outras propostas um manejo agro-ecológica para as áreas de recarga.

2. PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

A atividade agrícola no Brasil tem expandido sua fronteira de forma desorganizada, atingindo áreas frágeis do ponto de vista ambiental. Uma dessas áreas inclui os conhecidos “ponto de recarga ou de afloramento” de aquíferos, bastante vulneráveis à contaminação por agroquímicos.

Estudos desenvolvidos ao longo de cinco anos (1995-1999) pelo Projeto “Ribeirão”, em área de afloramento do Aquífero Guarani, revelaram a presença de agrotóxicos como tebutiuron, hexazinone e ametrina em níveis crescentes de um ano para o outro na água subterrânea, considerando como ponto de amostragem um poço semi-artesiano localizado

dentro da área de estudo. Todavia, os níveis encontrados estão ainda abaixo daqueles considerados críticos pelo Ministério da Saúde do Brasil, Organização Mundial de Saúde e pela EPA para os padrões de potabilidade. Foi verificada também uma tendência no aumento dos teores de nitrato na água subterrânea no mesmo período de quatro anos. Como os solos dessas áreas normalmente possuem alta permeabilidade, a aplicação anual e cumulativa de produtos, sejam agrotóxicos sejam fertilizantes, que contêm moléculas ou elementos de alta mobilidade, aumenta sensivelmente o risco de contaminação do Aquífero Guarani nessa região (EMBRAPA, 1998 ; PESSOA et al., 1998; PESSOA et al., 1999; GOMES et al., 2001; PESSOA et al., 2003).

Uma avaliação do potencial de lixiviação de pesticidas feita por SPADOTTO, et al., (2002), para solos das áreas de recarga, considerando os herbicidas tebutiuron e hexazinone, mostrou que o primeiro possui maior capacidade de deslocamento no perfil de um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. A concentração estimada pelo modelo *AF* (Attenuation Factor) que passou pela profundidade de 1,20m foi de cerca de 54% para o tebutiuron contra 13% para o hexazinone.

As áreas de recarga do Aquífero Guarani no Brasil encontram-se nos Estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, evidenciando a existência de diversos sistemas de produção agrícola implantados, já que as vocações do setor são distintas entre os estados envolvidos, com pequenas semelhanças entre alguns deles.

Diante desse cenário, torna-se premente a necessidade de um planejamento efetivo do uso da terra para as áreas de recarga do Aquífero Guarani, dentre as quais se incluem: seleção de culturas, controle do uso de agrotóxicos, controle do uso de fertilizantes, práticas de conservação e manejo do solo e da água, entre outras, fundamentais no processo de gestão visando a manutenção do potencial qualitativo e quantitativo do Aquífero Guarani, que sem dúvida será estratégico para as futuras gerações do Cone Sul.

3. RESULTADOS OBTIDOS EM TRABALHOS ANTERIORES

3.1. Classificação das Áreas de Recarga do Aquífero Guarani no Brasil

Os quadros 1 a 8 sintetizam as principais características determinantes para a classificação das áreas de recarga do Aquífero Guarani consideradas mais críticas do ponto de vista de intensidade de uso agrícola, conforme GOMES et al., (2002).

Quadro 1. Características climáticas e tipos de culturas predominantes nos três Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas de recarga do Estado de São Paulo.

Domínio pedomorfoagroclimático	Faixas	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Planalto	Faixa norte	Cana-de-açúcar	1.550	22,4

Médio Paulista	Faixa Central	Cana-de-açúcar/ citros, arroz irrigado e pastagem	1.700	21,6
	Faixa Centro-sul	Cana-de-açúcar e pastagem	1.650	20,3

Obs. Dados médios de precipitação e temperatura obtidos de Estação do IAC- Ri Beirão Preto, ESALQ-piracicaba e UNESP- Botucatu, respectivamente, referentes ao período 1990-1998.

Quadro 2. Características climáticas e tipo de culturas predominante no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Borda Ocidental da Mantiqueira	Pastagem	1.580	20,9

Fonte: Informações obtidas "in loco" junto aos municípios de São Sebastião do Paraíso, Capetinga, Claraval, Monte Santo de Minas, Ibiraci e São Tomás de Aquino.

Quadro 3. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Goiás.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Nascentes do Araguaia	Soja e pastagem	1.863	22,6

Obs. Dados climáticos obtidos do Mosteiro Beneditino (Mineiros-GO) no período entre 1995 e 2000.

Quadro 4. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani na porção leste do Estado de Mato Grosso.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Nascentes do Araguaia	Soja/milho	1.830 a 2.130	22,3

Obs. Dados obtidos da EMATER-GO no período de 1994-1998 e de produtores rurais "in loco".

Quadro 5. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático do Alto Taquarí, Estado de Mato Grosso do Sul.

Domínio pedomorfo-agroclimático	Culturas Predominantes	Precipitação Média Anual* (mm)	Temperatura Média Anual* (°C)
Alto Taquarí e Coxim	Pastagem nativa	1.460	23,5
	Pastagem cultivada		

*Média de 5 anos, considerando medidas realizadas em Coxim- MS (Informações obtidas do COINTA).

Quadro 6. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado do Paraná.

Domínio pedomorfo-agroclimático	Faixas	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Médio Planalto Paranaense	Centro-norte	Pastagem	1.380	19,0
	Centro-sul	Soja/milho e pastagem	1.300	18,5

Fonte: IAPAR (2002).

Quadro 7. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Santa Catarina.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Médio Planalto Catarinense	Pastagem	1.250	17,5
	Maçã		

Fonte: EPAGRI (1997); INSTITUTO DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA (1999).

Quadro 8. Características climáticas e tipos de culturas predominantes nos diferentes Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas De recarga do Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas dominantes	Precipitação Média Anual* (mm)	Temperatura Média Anual* (°C)
Serra Gaucha/encosta inferior nordeste	Uva	2.470	< 18
Borda do Planalto Médio/Missões	Pastagem	2.000	18 a 22

Campanha	Arroz irrigado/pastagem	1.190	20 a 24
----------	-------------------------	-------	---------

Fonte: MINISTERIO DA AGRICULTURA (1973).

Uma seleção de áreas críticas realizada por GOMES et al (2000) em propriedades situadas em áreas de recarga do Aquífero Guarani e próximas às nascentes do Rio Araguaia, evidenciou a fragilidade das mesmas, tanto sob o aspecto de contaminação do lençol freático quanto de erosão. Este último, poder ser bem evidenciado por meio dos diversos processos de assoreamento de cursos d'água da região.

3.2. *Domínio Pedomorfoagroclicótico do Planalto Médio Paulista* – Microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto e Cravinhos/SP

Os resultados obtidos em relação à presença do herbicida tebutiuron (Figura 1) correspondem às amostragens feitas durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 1995, e durante os meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro dos anos de 1996 e 1997, são apresentados na figura 1. Os dados obtidos para os meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro dos anos de 1998 e 1999 constam da Figura 2.

O método de seleção de pesticidas, considerando a intensidade de uso juntamente com a utilização do índice GUS, mostrou-se válido, pois o herbicida selecionado foi encontrado na água subterrânea.

No ano de 1995, um valor comparativamente elevado de tebutiuron foi encontrado no mês de outubro, decrescendo nos meses subsequentes para voltar a aumentar no mês de janeiro de 1996. Embora não se tenha informações precisas sobre o efeito residual e cumulativo do tebutiuron na água subterrânea, em função de aplicações sucessivas, nota-se uma tendência de concentração do mesmo no mês de janeiro para todos os anos considerados.

Considerando os aspectos acima como válidos e, uma vez corroborados pelos valores de concentração relativamente elevados, principalmente nos meses de janeiro, pode se dizer que o tebutiuron oferece risco de contaminação para a água subterrânea. No mês de janeiro de 1996, por exemplo, a concentração se aproximou do nível crítico para o padrão de potabilidade, adotado pela Diretiva da Comunidade Econômica Européia (DCEE) que é de 0,10 µg/L (CARNEY, 1991), atingindo o valor de 0,08 ug/L. No ano de 1997 a concentração maior continua no mês de janeiro, embora inferior ao mesmo mês no ano de 1996 – figura 1.

Ao se analisar os dados de concentração do tebutiuron referentes aos anos de 1998 e 1999 (figura 2), percebe-se a mesma tendência de comportamento em relação aos anos de 1996 e 1997, com um destaque para janeiro de 1999, quando houve uma grande proximidade do valor considerado crítico para o padrão de potabilidade. Da mesma forma que foi comentado para aqueles dois anos, supõe-se que no mês de janeiro de 1999 houve um processo de realimentação do aquífero, ocasionado pelo alto índice de precipitação no período, tendo também, como consequência, o arraste das moléculas de tebutiuron em concentração expressiva, ao ponto de neutralizar o efeito diluidor da água que atuou como agente condutor da referida molécula até a zona saturada do aquífero.

O tebutiuron pode ser aplicado em qualquer época do ano, tanto no período chuvoso como no seco, concentrando-se, porém, nos meses de outubro, novembro e dezembro na microbacia estudada. Os resultados com maiores valores de concentração residual de tebutiuron na água subterrânea nos meses chuvosos podem ser indicativos de que: (a) a lixiviação é muito intensa e imediata ou (b) a degradação diminui drasticamente em profundidade no solo. O primeiro ponto pode ser baseado na grande condutividade hidráulica do solo estudado. Além disso, a profundidade do topo do aquífero varia sazonalmente de acordo com a quantidade de chuva, alterando a condutividade hidráulica nas camadas profundas do solo, sendo maior em condições saturadas que em condições insaturadas. O outro ponto levantado pode ter respaldo no fato de que o tebutiuron sofre degradação microbiana e química. O tebutiuron é persistente em solos, sendo esperado que sua meia-vida seja ainda mais longa em regiões e/ou épocas secas (WSSA, 1994). Também é conhecido que a capacidade de retenção (sorção) do herbicida é baixa já nas camadas superficiais do solo na área estudada devido ao baixo teor de matéria orgânica, característico nos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS.

Estudos de simulação do movimento vertical do tebutiuron têm sido efetuados em solos arenosos das áreas de recarga do Aquífero Guarani, indicando que o produto oferece riscos para a água subterrânea (PESSOA et al., 1998 e PESSOA et al., 1999). De qualquer forma, há necessidade de se desenvolver estudos de comportamento do herbicida tebutiuron, por períodos mais prolongados, para confirmar a veracidade das considerações expressas anteriormente.

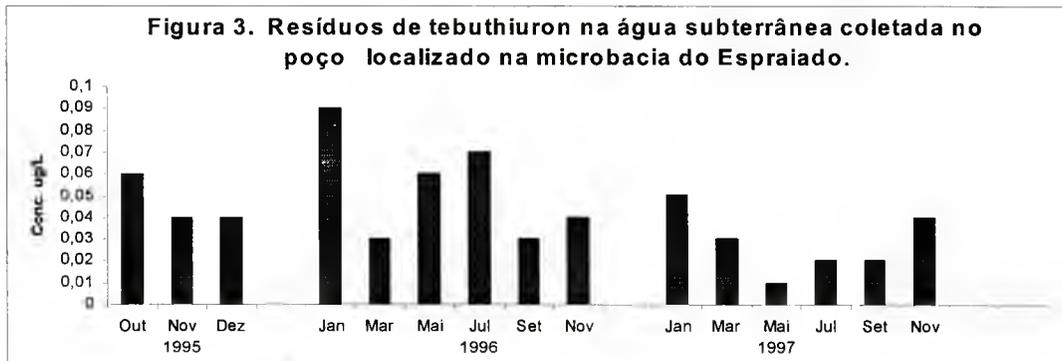


Figura 4. Resíduos de tebuthiuron na água subterrânea coletada no poço localizado na microbacia do Espraido



Com a obtenção dos resultados expostos, pode se concluir que: a) o monitoramento do herbicida tebuthiuron, por si só, exemplificado no presente trabalho, não subsidia o entendimento dos processos de seu movimento até a água subterrânea, mas dá diretrizes básicas de que o fenômeno realmente está acontecendo, e de forma muito rápida em solos arenosos, necessitando, porém, de investigações mais detalhadas; b) as características físicas dos solos da área estudada ressaltam a sua expressiva vulnerabilidade natural que, aliada ao alto potencial de lixiviação e outras propriedades físico-químicas do herbicida tebuthiuron, refletem uma situação de risco potencial de contaminação da água subterrânea, principalmente em relação ao padrão de potabilidade; c) o método de seleção de pesticidas proposto foi capaz de identificar pesticidas/herbicidas potencialmente lixiviáveis para águas subterrâneas.

Outro trabalhos têm mostrado a lixiviação do tebutiuron, por meio de lisímetros, e concluído que ele pode se deslocar com certa facilidade para o lençol freático, principalmente em solos do tipo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (MATALLO et al., 2003)

3.3. Domínio Pedomorfoagroclicótico das Nascentes do rio Araguaia-GO/MT

a) Fazenda Capão Redondo, Mineiros/GO

Foi dado início ao trabalho nessa propriedade em 1999, considerando uma porção de área com uso agrícola intensivo, principalmente milho, conforme levantamento de reconhecimento de áreas potencialmente críticas na região, conforme GOMES et al., (2000).

Coletores de água do lençol freático foram instalados a jusante da área plantada, com o monitoramento bimestral, até final de 2000, para o herbicida atrazina. Durante esse período (1999-2000), as concentrações do referido herbicida não ultrapassaram 0,05 µg/L o que significa não comprometimento da qualidade da água subterrânea local. Para o Ministério da Saúde (Portaria 196/2000), o limite tolerável de atrazina em água para consumo humano de 2 µg/L.

b) Fazenda Chitolina, Mineiros/GO

Nessa propriedade, foram realizados os levantamentos de solos, com a classificação da aptidão agrícola para uma área de 200 ha, envolvendo a voçoroca Chitolina. O trabalho aqui foi desenvolvido no segundo semestre de 2000 até março de 2001 e fez parte da parceria da Embrapa Meio Ambiente com a Fundação Ecológica Emas (FEMAS), junto ao Projeto denominado “*Recomposição Ambiental das Nascentes do Rio Araguaia*”.

Foram instalados coletores de água do lençol freático em diversos pontos da área para análise de agrotóxicos mais usados nas lavouras localizadas mais próximas da área. Todavia, por problemas de ordem técnico-operacional, os trabalhos foram interrompidos em maio de 2001, sem que fossem realizadas as análises propostas.

4. TRABALHOS EM ANDAMENTO E PERSPECTIVAS FUTURAS

4.1. Domínio Pedomorfoagroclimático do Planalto Médio Paulista – Microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto e Cravinhos/SP

Os trabalhos interrompidos em 1999, foram retomados em 2004, agora com o monitoramento de 7 poços de água, com profundidades variáveis, e com a inclusão do herbicida hexazinone, além do tebutiuron, amplamente usados em cana-de-açúcar. A frequência é timestral, com início em junho/04 e término previsto para setembro/05. No trabalho anterior (1995-1999) o herbicida hexazinone não foi monitorado em todo o período por problemas de ordem analítica. Por se tratar de um produto com alto potencial de lixiviação, fez então necessária sua inclusão nessa etapa do trabalho.

4.2. Domínio Pedomorfoagroclimático da região da Campanha-RS

a) Sítio Arroio Jacaguá, município de Manoel Viana/RS

A área com cerca de 200 ha foi escolhida em 2002, considerando os aspectos de: a) estar localizada em área de recarga do Aquífero Guarani; b) possuir histórico de uso agrícola intensivo (cultura de arroz), sobretudo com dosagens elevadas de agrotóxicos. Localiza-se na confluência do Arroio Jacaguá com o rio Ibicuí, há uma distância de 18 Km da cidade de Manoel Viana e a 60 km da cidade de Alegrete/RS. Os Agrotóxicos foram selecionados, principalmente herbicidas com alto potencial de lixiviação, sendo que os procedimentos analíticos estão em fase de ajustes de métodos e padrões. As coletas estão

programadas para uma frequência bimestral, tendo início programado para outubro de 2004 e a conclusão até o final de 2005.

4.3. Domínio Pedomorfoagroclimático das Nascentes do rio Araguaia-GO/MT

As atividades programadas para 2004 e até o final de 2006 neste Domínio, incluem além do resgate do trabalho interrompido em 2001, a proposta de um manejo agro-ecológico. Esta proposta, será desenvolvida em áreas de recarga do Aquífero Guarani, junto às nascentes do rio Araguaia - GO/MT, abrangendo uma porção em torno de 50.000 hectares.

As técnicas a serem usados neste trabalho contemplam: a) métodos para a obtenção de procedimentos de intervenção nas voçorocas; b) métodos para a avaliação do comprometimento da área de recarga pela expansão da ocupação agrícola e definição de áreas críticas; c) métodos para elaboração do sistema computacional baseado em um sistema especialista de suporte à decisão para o manejo agro-ecológico de áreas de recarga; d) adaptação de métodos analíticos para a determinação dos herbicidas atrazina, nicosulfuron e imazethapyr no solo e nas águas superficial e subterrânea: d.1) determinação dos coeficientes de adsorção dos herbicidas no solo (K_{oc}) e do tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) do herbicida no solo; d.2) estudo da lixiviação; d.3) avaliação da aplicação dos herbicidas; d.4) simulação de tendência de contaminação de água subterrânea pelos herbicidas; d.5) uso de métodos matemáticos (modelos tipo “screening”) para estimativa do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas e d.6) avaliação da contaminação de resíduos de herbicidas em água subterrânea e superficial.

Os principais resultados esperados contemplam: a) desenvolvimento de métodos (contenção de voçorocas e de determinação de herbicidas em solo e água); b) determinação de parâmetros de herbicidas em ambiente tropical; c) mapas georreferenciados de geologia, solos, geomorfologia, uso agrícola, aptidão agrícola, conflito de uso e de zoneamento agro-ambiental, este como produto final de apoio e orientação ao produtor no manejo mais racional e sustentável de suas terras; d) desenvolvimento de sistema computacional de manejo agro-ecológico de áreas de recarga.

4.4. Trabalhos nos demais Domínios Pedomorfoagroclimáticos identificados

Nos demais Domínios Pedomorfoagroclimáticos identificados, o início dos trabalhos depende da disponibilidade de recursos financeiros e da própria ampliação da equipe por meio de parcerias. Esses Domínios, listados a seguir, compreendem ainda cerca de 60% das áreas de recarga do Aquífero Guarani no país. Entre eles, o único Domínio que possui trabalhos direcionados para a avaliação da presença de agrotóxicos em água e avaliação de processos erosivos é o *Domínio do Alto Taquari e Coxim*, onde várias Unidades de pesquisa da Embrapa tem atuado desde 1999. Diversas informações foram obtidas também pelo Projeto Pantanal (BRASIL, 1997).

Entretanto, há necessidade de se dar continuidade a esses estudos, uma vez que tal Domínio tem sofrido alterações ambientais de forma muito drástica em um intervalo de

tempo relativamente curto. Relatos feitos por GOMES et al., (1999) já mostravam sinais visíveis de degradação ambiental, sobretudo aqueles relacionados aos processos erosivos e de assoreamento, extingindo vários cursos d'água e deixando outros tantos em situação de semi-extinção. O exemplo mais típico de assoreamento é o rio Figueirão, junto ao distrito homônimo, que pertence ao município de Camapuã/MS. Esse rio já foi piscoso outrora, com peixes de grande porte. Atualmente, no entanto, o mesmo não passa de um filete d'água de pouco mais de 20 cm em grande parte de sua extensão até desaguar no rio Coxim.

Dessa forma, os Domínios seguintes necessitam de estudos que indiquem a existência de riscos para o lençol freático em função do uso agrícola como também de estudos de avaliação da susceptibilidade à erosão: *a) Borda Ocidental da Mantiqueira; b) Alto Taquari e Coxim; c) Médio Planalto Paranaense; d) Médio Planalto Catarinense; e) Serra Gaucha/encosta inferior nordeste (RS); f) Borda do Planalto Médio/Missões(RS).*

Diante do exposto, as perspectivas futuras são a de que todos os Domínios Pedomorfoagroclicmáticos das áreas de recarga no Brasil sejam bem conhecidos do ponto de vista da vulnerabilidade natural e das situações de risco para o lençol freático; tais condições são indispensáveis para a proposição de um uso agrícola mais adequado e equilibrado do ponto de vista ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora existam propostas de trabalho para toda área de abrangência do Aquífero Guarani, nenhuma delas tem dado ênfase aos estudos na linha ora abordada pela Embrapa Meio Ambiente e com ênfase para as áreas de recarga.

Espera-se que as informações geradas por meio deste trabalho repercutam em benefícios ambientais gerados pela contenção de voçorocas e de assoreamentos de corpos d'água, minimização no uso de herbicidas, difusão de critérios e de procedimentos de manejo agro-ecológico que conciliem produção agrícola com conservação ambiental para todas as áreas de recarga do Aquífero Guarani no Brasil.

6. LITERATURA CITADA

ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. Aquífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. UFPR/Petrobrás, Curitiba, 1995. 16. (9 mapas).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional de Meio Ambiente. Projeto Pantanal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Pantanal-PCBAP**. Brasília, 1997. 3v. em 7 tomos.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**, 1997. 43p.

CARNEY, M. European drinking water standards. **Journal of American Water Works Association**, Denver, v. 83, n° 6, p. 48-55. 1991.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. “Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani e implicações na qualidade da água subterrânea”. Embrapa, Jaguariúna, 1999. 32 p. (Relatório final de projeto).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. “Impacto Ambiental e Implicações Sócio-Econômicas da Agricultura Intensiva em Água Subterrânea”. Embrapa, Jaguariúna, 1998. 26 p (Relatório final de projeto).

EPAGRI. Zoneamento agroambiental. 1997. (Ed. CD-ROM)

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; LANCHOTTE, V.L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espriado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, v. 11. p. 65-76. 2001.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F.; PAULA, M.M.; DIOGO, A.; CERDEIRA, A.L. **Áreas críticas nas porções de recarga do Aquífero Guarani localizadas nas nascentes do rio Araguaia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 16p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 18).

GOMES, M.A.F.; CERDEIRA, A.L.; FILIZOLA, H.F. **Reconhecimento de áreas potencialmente críticas na região do Alto Taquari/Coxim(MS): subsídio à caracterização dos impactos decorrentes das atividades agrícolas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 28p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos 15).

GOMES, M.A .F.; NEVES, M.C.; SPADOTTO, C. A ; LUIZ, A .J.B. Mapeamento expedido dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água para os solos da microbacia do Córrego do Espriado em Ribeirão Preto-SP. In: **Anais do XIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo**. SBCS/ESALQ. Águas de Lindóia, 1996. 04 p (Editado em CD-ROM).

IAPAR. Caracterização da estrutura de produção agropecuária do Estado do Paraná. (Informe Técnico 01/2002). 01p.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA. Síntese anual de agricultura de Santa Catarina – 1998 – 1999. Florianópolis, 1999. 159p.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico nº 30).

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M .A . F.; NEVES, M.C.; CERDEIRA, A .L.; DORNELAS DE SOUSA, M. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, v. 13. p. 111-122. 2003.

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M A F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A .L.; MONTICELLI, A . Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho-Escuro da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP. **Rev .Cient. Rural**, v. 4,nº 1; p. 15-24. 1999.

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M .A . F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A .L.; MONTICELLI, A . Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Areia Quartzosa da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto,SP. **Rev.Cient. Rural**, v.3,nº2, p. 11-19. 1998.

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

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

WSSA. Weed Science Society of America. **Herbicide Handbook**. 7th ed. Champaign, IL,1994. p. 5-9.