

A PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E O USO DA TERRA NA BACIA DO ALTO CAPIVARI- PR

Elenice Fritzsos¹; Luiz Eduardo Mantovani²; Suresh Babu³;
Nivaldo Eduardo Rizzi⁴ & André Virmond Lima Bittencourt⁵

RESUMO - A região cárstica curitibana vem despertando um grande polêmica quanto à exploração de água subterrânea. Considerando o aquífero como um patrimônio natural que deve ser protegido dois aspectos fundamentais devem ser considerados. A quantidade de água extraída, não pode ser superior a taxa de recarga e o uso da terra não pode ser potencialmente poluente. Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de poluição causado pelo uso da terra nas bacias de Fervida, Ribeirão das Onças e Alto Capivari. Esta análise revelou que o sistema agrícola convencional em vigor apresenta elevado potencial de impacto sobre a qualidade de água, principalmente quanto à contaminação por nitrogênio. Entretanto, como a ocupação agrícola rentável freia a ocupação urbano-industrial, uma adaptação deste sistema de produção deveria ser considerado.

ABSTRACT - The Karst region of Curitiba is facing a great controversy over the quantity of groundwater exploitation. There are two fundamental aspects that determine the protection of a natural aquifer system. Firstly, the quantity of water withdrawal should not exceed the recharge rate and secondly, landuse should not lead to potential pollution. In this context, the present work was aimed at the assessment of pollution potential caused due to the landuse practices in the stream basins of Fervida, Ribeirão das Onças and Alto Capivari. The analyses revealed that conventional agricultural activities pose immense threat to the quality of groundwater especially in terms of nitrogen contamination. However, as the agricultural occupation remains profitable and also curbs the urban-industrial occupation, necessary modifications for a healthy agricultural production system should be adopted.

Palavras- chave: uso do solo, contaminação por nitrogênio, qualidade de água

¹ Doutoranda em Engenharia Florestal Florestal / CNPq/ UFPR / Curitiba / Pr; e-mail: elenicefrit@uol.com.br;

² Prof. Dr., Departamento de Geologia / UFPR/Curitiba / Pr; e-mail: lem@ufpr.br

³ Prof. Dr., visitante do Depto de Geologia/ UFPR/ Curitiba / Pr; e-mail: suresh@ufpr.br

⁴ Prof. Dr., Depto de Engenharia Florestal / UFPR/Curitiba / Pr; e-mail: niva@floresta.ufpr.br

⁵ Prof. Dr. Departamento de Geologia / UFPR / Curitiba / Pr; e-mail: andré@ufpr.br

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A região cárstica curitibana vem despertando um grande interesse quanto à exploração de água subterrânea, sendo este aquífero de uma importância estratégica para o abastecimento da crescente demanda da Grande Curitiba. Além disto, ao contrário das águas da maioria dos rios da região, as águas deste aquífero apresentam excelente qualidade e dispensam tratamento convencional recebendo apenas cloro e flúor.

Entretanto, a exploração do aquífero carste iniciada em 1996 em Colombo, provocou restrição na quantidade de água para os habitantes da zona rural, e mesmo subsidência de terrenos em vários pontos. Isto foi objeto de muita polêmica, divulgada amplamente pelos meios de comunicação, evidenciada em reuniões e envolvendo moradores, prefeituras, grupos de ONGs e a Companhia de Saneamento.

Considerando o aquífero carste como um patrimônio natural a ser protegido, pois integra um complexo ecossistema do qual dependem muitos seres vivos, dois aspectos fundamentais, devem ser considerados. Primeiramente, a quantidade de água extraída, não pode ser superior a taxa de recarga, nem deve o rebaixamento de nível piezométrico dinâmico provocar riscos de subsidência de terrenos sensíveis e total secamento de fontes e riachos com todos os danos decorrentes deste evento ou mesmo correr o risco de esgotar o aquífero em pouco tempo.

O segundo aspecto diz respeito ao uso da terra, que não pode ser impactante ao ponto de comprometer a qualidade de água subterrânea a médio e longo prazo, uma vez que não se conhece ao certo o tempo de residência médio da água dentro deste aquífero. Deve-se também considerar que um aquífero poluído é muito mais difícil de despoluir do que os sistemas abertos, tais como rios e lagos. Como agravante deste problema se encontra o substrato litológico conhecido por sua alta vulnerabilidade à poluição constituído pelas rochas carbonáticas associadas aos setores carstificados.

Assim, tendo em vista que o conhecimento do potencial de poluição superficial existente é fundamental para qualquer zoneamento visando a proteção da água nas áreas do carste, o presente trabalho analisa o uso da terra nas sub-bacias de Fervida, Ribeirão das Onças e Alto Capivari, todas pertencentes à rede hidrográfica da bacia superior do rio Capivari no Alto Ribeira.

Uma parte do desenvolvimento deste trabalho, foi baseado em FRITZSONS (1999), principalmente quanto ao nitrogênio, elemento conhecido mundialmente como potencialmente prejudicial aos aquíferos subterrâneos. O nitrogênio é solúvel em água e estável sob a forma de nitratos, podendo assim se acumular no aquífero nas condições oxidantes normalmente encontradas nestes locais.

Alem do nitrogênio ser prejudicial por causar vários males, tal como a denominada “síndrome do bebê azul”, ser de difícil eliminação nos tratamentos de água, e haver uma restrição quantitativa

na OMS (Organização Mundial de Saúde) ao seu teor na água, ele também está associado às diversas formas de adubação nitrogenada e a uma gama de elementos que normalmente são adicionados aos solos tais como herbicidas, inseticidas, ou seja, agrotóxicos, além de representarem um produto da degradação de efluentes domésticos, industriais e pecuários.

MATERIAL

O sistema aquífero cárstico paranaense está localizado no Primeiro Planalto, ao norte, noroeste e oeste de Curitiba, abrangendo uma área total regional de aproximadamente 5.740 km², equivalente a 2,87% do território paranaense (FRAGA, 1994).

As bacias de Fervida e Ribeirão das Onças e do Alto Capivari situam-se no município de Colombo e ocupam uma área de 13,15 km² e 3,53 km², respectivamente, sendo a segunda uma sub-bacia da primeira. A bacia do Alto Capivari é vizinha das anteriores e apresenta a maior parte de seus 126 km², no município de Bocaiúva do Sul, estando localizada ao norte das duas bacias anteriores.



FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA ÁREA DO TRABALHO

O tipo climático da região é Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, baseada na temperatura e pluviosidade. Este clima se define como: clima pluvial temperado, com mês mais frio possuindo temperatura entre +18 e -3°C; sempre úmido, com chuva todos os meses do ano e temperatura do mês mais quente abaixo de 22°C, e no mínimo quatro meses com mais de 10°C; pluvial quente temperado, o mês mais quente com médias inferiores a 22°C e 11 meses do ano com temperaturas maiores que 10°C. Está sujeito a precipitações regulares todos os meses do ano e a geadas severas, raramente neve e não apresenta (na média) estação seca (MAACK, 1981).

Quanto às condições edáficas, o microclima do solo permanece sempre úmido sob a forma da cobertura florestal original, ou seja, da Floresta Ombrófila Mista (VELOSO, 1991), tornando-se mais seco nas áreas desmatadas.

O substrato litológico é composto por rochas metamórficas do Grupo Açungui, constituída por rochas carbonáticas com mármore calcíticos e dolomíticos, intercalados a pacotes de composição silicatada, constituídos por filitos e quartzitos. Rochas ígneas na forma de granitos como corpos muito pequenos da ordem de metros a dezenas de metros e doleritos cortam esta unidade.

As águas dos fontes da área do carste de Colombo são pouco mineralizadas, com grau de dureza moderadamente duro a duro e do tipo bicarbonatada magnésiana, incluídas na classe alcalino terrosa cálcica- magnésiana, sendo o pH entre 6,77 a 7,98, com média de 7,45 (HINDI, 1999).

Para compor este trabalho foram utilizadas cartas planialtimétricas escala 1:25.000 e 1:50.000 da COMEC; fotos aéreas pancromáticas 1970, 1980, 1996 e imagem de satélite (LANDSAT TM de 1999); cadastro de agricultores da região de Fervida e Ribeirão das Onças, dados de qualidade de água da SANEPAR da ETA de São Dimas e dados pluviométricos das estações de Várzea do Capivari.

MÉTODO

Em função do objetivo proposto, o método seguiu várias etapas, descritas a seguir:

Delimitação das bacias

As bacias primeiramente foram delimitadas nas cartas planialtimétricas, com o auxílio de fotos, para melhor visualização dos divisores mais complexos, sendo as áreas quantificadas.

Carta de cobertura vegetal e uso atual das terras

A carta de uso das terras foi confeccionada a partir de fotos aéreas em escala de 1:60.000, de maio de 1996. Foram discriminadas 9 tipologias.

Análise do sistema agrícola

Uma vez que o principal uso da terra nas Bacias de Fervida e Ribeirão das Onças é a agricultura, voltada para a produção de hortaliças dirigida ao mercado consumidores de Curitiba, esta atividade foi analisada com maior profundidade em termos de impacto na qualidade da água.

Sabe-se que a horticultura é feita de forma intensiva com forte utilização de agrotóxicos, adubos químicos e irrigação. Um levantamento cadastral foi realizado em 1996 pela EMATER (NASCIMENTO, 1997), envolvendo agricultores de Fervida e Ribeirão das Onças. Com as informações coletadas, estimou-se a entrada efetiva de nitrogênio no ambiente, baseado nos

cálculos que envolveram a adubação química e orgânica utilizadas, e a saída via extração do elemento por cada uma das espécies cultivadas. O valor resultante médio foi considerado excedente e este foi estimado em kg/ha/ano. Este método está detalhadamente explicado em FRITZSONS (1999) também em FRITZSONS et al. (2000).

Análise do sistema de habitação e quantificação de efluentes

As Bacias de Fervida e Ribeirão das Onças apresentam densidades de populações rurais extremamente elevadas. Assim, foi calculada a entrada de nitrogênio proveniente dos efluentes das habitações. Para este cálculo, considerou-se que uma pessoa produz 13 gramas por dia (entre urina e fezes) em nitrogênio, adotando-se um valor médio (GLOYNA 1981, citado por RIZZI, 1991). Também, na falta de dados censitários localizados e atuais, se estimou a quantidade de habitantes na área de estudo em 1200 (aproximadamente 80 hab/km²), com base em aproximadamente 400 construções no total, visualizadas nas fotos aéreas de 1996.

Análise da atividade mineradora

A atividade mineradora é bastante importante na região sob o ponto de vista econômico e também social, uma vez que emprega mão de obra também local. Entretanto, também pode constituir uma atividade impactante, sob diversos aspectos. Com a observação das fotos aéreas de 1970, 1980, 1996 e imagens de satélite de 1999, obteve-se a taxa de crescimento médio desta atividade e localização destas pedreiras para a bacia do Alto Capivari

Análise da qualidade de água do Rio Capivari

A qualidade de água superficial de uma bacia hidrográfica é muito importante pra verificar o equilíbrio na mesma. A Bacia do Alto Capivari possui na sua foz a ETA de São DIMAS, a qual, pertence à SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), tendo iniciado suas atividades em 1986 e encerram-se em 2000, com a substituição da captação das águas superficiais do Rio Capivari, pela extração de águas subterrâneas.

Foram analisadas 67 amostras de água, coletadas entre 13/10/97 e 01/12/99, e estudadas quanto ao número de coliformes totais e fecais, turbidez, e cor. Estes dados foram deparados com os eventos de precipitação. Com os resultados, foram realizadas algumas análises estatísticas descritivas, tais como obtenção da média, mediana e desvio padrão. Os resultados foram analisados frente aos parâmetros de classificação vigentes para qualidade de água bruta (CONAMA, 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre as tipologias encontradas

Em termos de uso da terra, a área apresenta atividades agrícolas, silviculturais e pastoris, além de energético-mineradoras e industriais (o rio Capivari alimenta a usina hidroelétrica Parigot de Souza, situada à jusante da área estudada), comparecendo na área estudada as seguintes tipologias de uso: Florestas (bracatinga, reflorestamento e Floresta Ombrófila Mista Alterada), agricultura perene e anual, campos, e sistemas secundários de ocupação (capoeiras e capoeirões); áreas de concentração de habitação e áreas relacionadas a mineração.

A bacias de Fervida e Ribeirão das Onças apresentam um grande percentual de áreas agrícolas (27,5%), entretanto as áreas florestais, incluindo os reflorestamentos de bracatinga são dominantes com 55% de ocupação. Na bacia do Alto Capivari, os campos são dominantes, com aproximadamente 50% de ocupação e as florestas ocupam aproximadamente 35%.

Quanto às áreas florestais, a área pertence ao ambiente da Floresta Ombrófila Mista, ou floresta com araucárias, de acordo com a classificação da Vegetação brasileira, adotada por VELOSO (1991). A tipologia florestal encontrada compreende fragmentos florestais da Floresta Ombrófila Mista associados a florestas secundárias de 5ª fase sucessional. Esta fase se refere à mesofanerófitos que ultrapassam 15 metros de altura, sendo um estágio eminentemente lenhoso, sem plantas emergentes, mas bastante uniforme quanto à altura de seus elementos.

As áreas florestais são muito importantes sob o ponto de vista de conservação de solos e manutenção da qualidade da água superficial (rios e represas) e também da água subterrânea, uma vez que os solos constituem meio filtrante de poluentes emitidos na superfície

As áreas de pastagens, ou campos, correspondem às áreas com dominância de gramíneas, podendo constituírem tanto pastagens, como glebas de pousio.

A maioria dos campos têm origem antrópica, pelo desmatamento das florestas, enquanto outros não. Em termos de formação campestre são peculiares na área, os campos nativos no cume de terrenos montanhosos, os quais, em geral, pela própria natureza dos solos se encontram rasos e de baixa fertilidade, propiciando um fraco desenvolvimento da vegetação, favorecimento do escoamento superficial e conseqüente erosão (THEODOROVISCK et al, 1999). MAACK (1981), mapeou estes campos sobre as cristas de quartzitos, bastante evidentes pelo sentido (NE / SO) em que estes aparecem em mapa.

O reflorestamento de Pinus ocupa pequenas áreas da bacia e se apresenta geralmente em pequenos talhões, sendo insignificantes em termos de área ocupada. As áreas de mineração ocupam áreas dispersas na bacia e facilmente visíveis em fotos aéreas.

Quanto às áreas de habitações, correspondem as áreas concentradas das residências dos agricultores. Nas bacias de Fervida e Ribeirão das Onças, um padrão de ocupação típico constitui

no posicionamento das residências dos agricultores ao lado das vias de transportes e próximas umas das outras, formando agrupamentos de casas. Residências isoladas não foram consideradas, devido ao fato de constituírem representações pontuais. A FIGURA 2 ilustra o aspecto da paisagem de Fervida/Ribeirão das Onças e a FIGURA 3 mostra a carta de uso da terra de Fervida e Ribeirão das Onças.

Sobre o reflorestamento com bracatinga

A ocupação da área com bracatinga (*Mimosa scabrella*), é muito antiga, KLEIN (1962), destacam pelas observações em fotos aéreas de 1952, como característica principal da área, o intenso reflorestamento desta espécie seguido de “capoeira” e “capoeirão” (estágios de evolução de sucessão florestal) e por último dos remanescentes da Floresta original. É interessante notar que esta forte presença da bracatinga, ainda continuou por quase 30 anos depois, como observou o relatório final de “Estudo da Biomassa e do Mercado de Energéticos de Produtos Florestas no Sudeste Paranaense”, realizado pela COPEL et al. (1985).

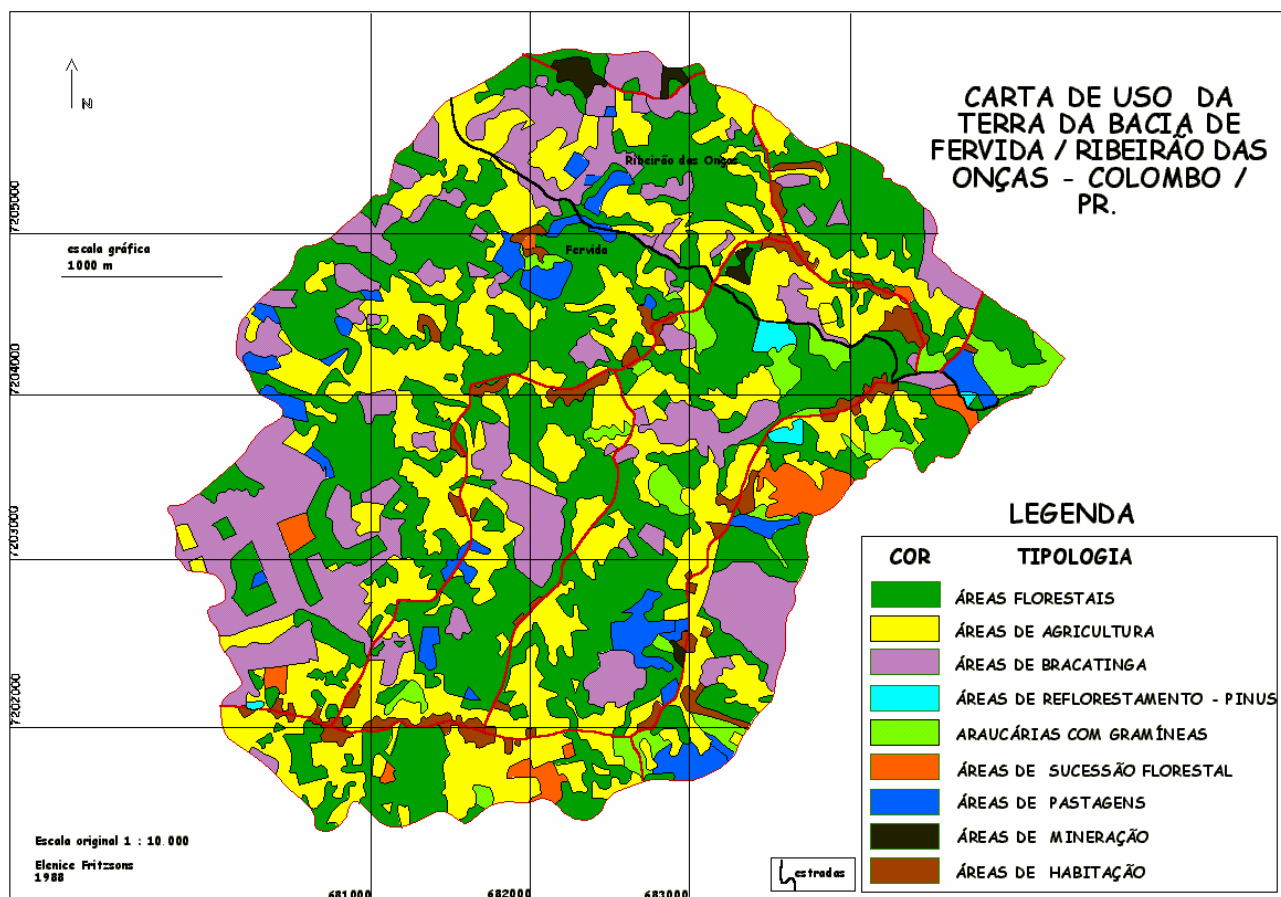


FIGURA 2: CARTA DE USO DA TERRA DE FERVIDA/ RIBEIRÃO DAS ONÇAS

A bracatinga é natural da Floresta Ombrófila Mista com ocorrência generalizada no 1º Planalto Paranaense, sendo árvore da família das leguminosas, melífera, de crescimento rápido, heliófita e pioneira, e por isso ocorre nos estágios iniciais de sucessão. Ela é normalmente manejada pelo uso do fogo, não necessitando, portanto de replantio. Por todos estes fatores constitui uma espécie muito utilizada em reflorestamentos rústicos.

Estudando o impacto destes reflorestamentos, THEODOROVISCK et al (1999), afirmam que grandes áreas são reflorestadas sem medidas “preservacionistas”, eliminando florestas nativas junto aos rios e cabeceiras de drenagens e em encostas declivosas, utilizando a prática das queimadas, que sem controle podem avançar nos pequenos bolsões de florestas secundárias.

Na região, a bracatinga era muito utilizada para combustão nos fornos de calcário e madeira para arrimos em obras e construções, entretanto a tendência atual é de utilização de serragem (cepilho) nos fornos de calcário, em substituição a bracatinga, devido ao seu maior poder calorífico, o que tem gerado uma diminuição da área de bracatingais.

A diminuição dos usos de bracatinga nesta área é preocupante, pois significa também uma redução de lucro para os produtores, os quais na busca de soluções alternativas, substituem o plantio de bracatingais, por cultura, pastagens pobres ou mesmo loteamentos clandestinos ou não, o que certamente é menos vantajoso em relação à proteção do solo e da água. Estudos mais aprofundados deveriam ser feitos para avaliação desta alteração no ambiente.

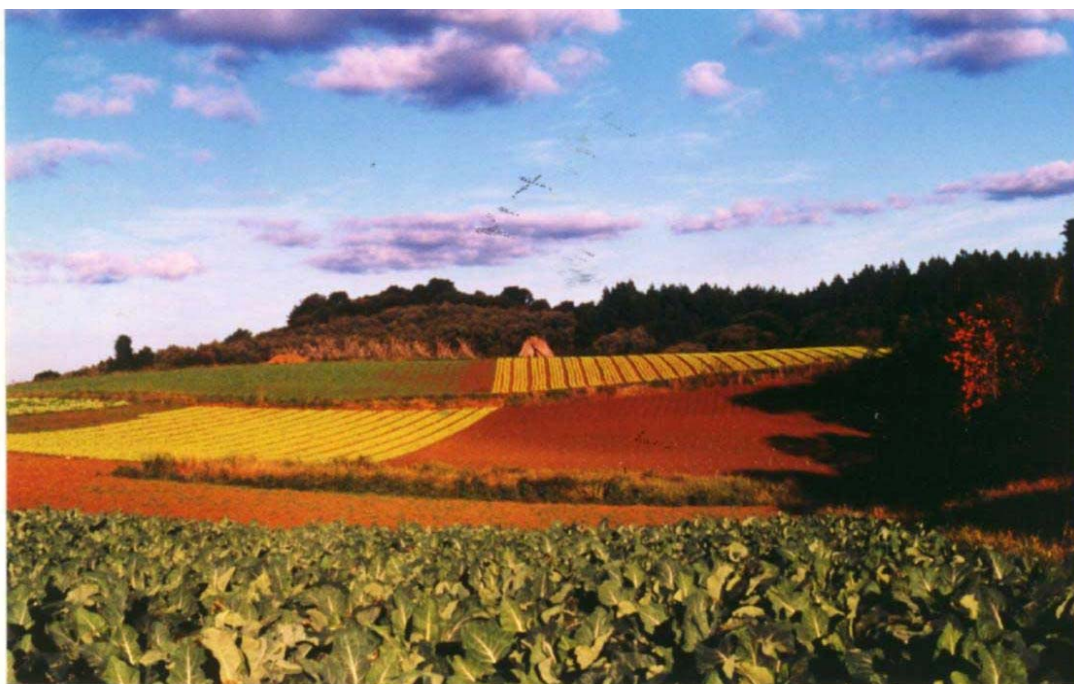


FIGURA 3: ASPECTO GERAL DA PAISAGEM DE FERVIDA/RIBEIRÃO DAS ONÇAS

Sobre as áreas agrícolas

As bacias de Fervida e Ribeirão das Onças são eminentemente agrícolas, de acordo com a carta de uso e ocupação do solo, 22% de sua área está voltada para a agricultura. Na bacia do Alto Capivari, a porcentagem de área agrícolas é significativamente menor, em torno de 2%, exceção feita à sub-bacia de Água Comprida, que apresenta o mesmo padrão de ocupação agrícola das duas anteriores.

A agricultura está presente, principalmente no cultivo de hortaliças voltadas para o abastecimento de Curitiba e região metropolitana, sendo que a bacia de Fervida e Ribeirão das Onças há predominância de pequenas propriedades rurais, de tamanho médio em torno de 5 ha (NASCIMENTO, 1997). A mão de obra utilizada é basicamente a familiar. O sistema agrícola utilizado para o cultivo das hortaliças é o convencional, com forte aplicação de adubos e agrotóxicos.

Estes agroquímicos utilizados, quando solúveis em água, percolam constantemente no solo, com o auxílio da prática da irrigação, necessária para o cultivo de hortaliças. Destes insumos, o nitrogênio é reconhecido mundialmente como um elemento potencialmente prejudicial à qualidade de água subterrânea devido à sua solubilidade em água, estabilidade na forma de nitrato e conseqüente acúmulo no aquífero.

Dentro deste contexto, foi estimado por FRITZSONS (1999), a entrada média no sistema agrícola de nitrogênio via adubação química e orgânica baseada na quantidade adicionada via adubos e na retirada via produção. Para isto a informação cadastral de 28 produtores representativos foi utilizada.

Esta estimativa resultou em 207 kg/ha/ano ou 20,7 gramas de nitrogênio/m²/ano. Para termos de referência, BLEKEN & BAKKEN (1997), estimaram em 13 gramas de nitrogênio/m²/ano a entrada média total encontrada em fazendas da Noruega e os autores comentam que esta perda é muito maior que a estimada por volatilização, percolação e desnitrificação.

Conhecendo-se a área total em que se pratica agricultura em Fervida e Ribeirão das Onças, e obtendo-se a quantidade média adicionada de nitrogênio/ha/ano para as áreas de cultivo a quantidade média anual foi estimada em 95.220 kg de nitrogênio. Quanto à adubação orgânica de cama de aves, pois se verificou que o montante em nitrogênio proveniente destes compostos foi de 65% do total de nitrogênio adicionado, os restantes 35% foram provenientes da adubação química.

Isto está de acordo com as observações do O PROJETO KARST (1998), que trabalhando com a investigação de isótopos em relação ao nitrato, concluiu que os níveis mais elevados de nitrato foram encontrados em áreas cultivadas com a utilização de adubação animal (esterco de aves). Este mesmo projeto afirmou que devido ao longo tempo de residência da água subterrânea efeitos negativos futuros na qualidade de água não poderiam ser estimados agora.

A cama de aves é utilizada no sistema convencional de cultivo e não no sistema de cultivo orgânico, devido à sua pobreza em carbono e riqueza em sílica. Aliás, o sistema de cultivo orgânico é melhor para áreas de mananciais uma vez que é o mais inofensivo ao ambiente.

Outra tendência despontando na região é o cultivo hidropônico, que vem se desenvolvendo, nas bacias de Fervida e Ribeirão das Onças. Neste sistema geralmente se utiliza tratamento preventivo com agroquímicos, uma vez que o ambiente quente e úmido das estufas é favorável ao desenvolvimento de patógenos. Entretanto o cultivo hidropônico por constituir um tipo de poluição pontual, isto é localizada, pode ser melhor controlado se forem tomadas medidas adequadas para tal.

Além da horticultura, há produção de uvas, de feijão e milho, mais representadas nas bacias do Alto Capivari, a exemplo da comunidade tradicional de Pinhal. A viticultura se apresenta de forma dispersa, pouco numerosa e voltada para fabricação de vinhos, muitos deles produzidos no próprio local em pequenas adegas.

Quanto à criação animal, é predominantemente voltada para o abastecimento domiciliar. Existem algumas criações de ovinos, gado de leite, galinhas e porcos. Não constam frigoríficos, ou locais de abate de animais

Sobre os efluentes provenientes das habitações dos moradores

A problemática dos efluentes domésticos para aquíferos subterrâneos também se refere ao nitrogênio pela sua estabilidade. A contaminação da água por organismos patogênicos é um outro fator de contaminação das águas subterrâneas, entretanto o problema somente ocorre em nascentes provenientes de água com curto tempo de residência.

Assim para avaliar a quantidade de nitrogênio emitido pelos efluentes das habitações, inicialmente o número de habitantes das bacias de Fervida e Ribeirão das Onças, foi estimado em 1.200, baseado no número de construções rurais encontradas nas áreas (408) e supondo média de 3 pessoas em cada habitação. O montante totalizou em 5.781,6 kg de nitrogênio anualmente.

Entretanto duas considerações devem ser feitas em relação ao valor encontrado. A princípio, considerou-se que uma pessoa produz 13 gramas por dia (entre urina e fezes) em nitrogênio, adotando-se um valor médio a partir de referência bibliografia já citada (GLOYNA 1981, citado por RIZZI, 1991). Também se estimou a quantidade de habitantes na área de estudo em 1200 (aproximadamente 80 hab/km²), com base em aproximadamente 400 construções no total, visualizadas com fotos aéreas.

Apesar deste resultado constituir em termos quantitativos a 6% do montante de nitrogênio introduzido via adubação química e orgânica, ele é qualitativamente muito importante, pois trata-se de uma contaminação pontual, atuando de forma diversa da agrícola que é difusa. A incidência de

poluição acentuada sobre um determinado setor diminui as possibilidades depurativas do meio. Assim, se considerarmos uma habitação com 5 pessoas, a adição diária em nitrogênio proveniente dos efluentes seria em média 65 gramas, valor muito superior à contribuição estimada por metro quadrado de área agrícola cujo valor é de 20,7 gramas de nitrogênio ao ano.

Outro problema, que potencializa o efeito poluente destes efluentes, se deve ao fato deles serem introduzidos sob o solo pelo sistema de fossas sépticas, o que em área de carste é potencialmente danoso. O sistema cárstico apresenta falhas, fissuras, dolinas e sumidouros e se alguma fossa estiver próxima ou sobre uma dolina por exemplo, a capacidade depurativa do terreno torna-se mínima ou nula, podendo fazer com que os poluentes gerados atinjam a água subterrânea ou o aquífero sem prévia depuração contaminando com patógenos e nitrogênio. Isto também é problemático em locais de drenagem deficiente como nos solos hidromórficos.

Este tipo de poluição é potencializado na região por uma característica peculiar de ocupação. Ao contrário do que seria esperado numa zona rural, há grande predominância de residências dispostas ao lado umas das outras ao longo das estradas, chegando a formar pequenas vilas. Estas aglomerações concentram assim os efluentes fazendo incidir uma carga maior numa área reduzida.

Por outro lado, deve-se também considerar que a contaminação por fossa séptica, sendo uma poluição pontual, é de mais fácil controle em relações às formas de poluição difusas. Um sistema rural de coleta e tratamento de esgoto, aproveitando o alinhamento das habitações ao longo de estradas e caminhos, resolveria grande parte deste problema.

Quanto a bacia do Alto Capivari, a densidade populacional é bem menor, com exceção da bacia de Água Comprida. Entretanto existem aglomerados como as vilas rurais, sendo as mais importantes a de Várzea do Capivari, em Colombo e Campininha, em Bocaiúva do Sul, ambos próximos entre si e da foz da bacia do Alto Capivari. Há também um núcleo (bairro) de Capivarizinho na bacia do Bacaetava. No restante, são casas isoladas de sítiantes, próximas as estradas de rodagem. Não há um saneamento adequado na área rural, prevalecendo a forma de esgoto de fossas sépticas e poço morto, mas ainda existem casos de ligações diretas ao rio.

Sobre as áreas de mineração

Uma atividade bastante intensa na bacia do Alto Capivari, típica desta região, consiste na extração do calcário, especialmente na sub-bacia do Bacaetava, na bacia do Alto Capivari. Esta atividade se concentra nos municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul e parte norte de Colombo, não comparecendo em Bocaiúva do Sul, na bacia estudada. São impressionantes as dimensões das pedreiras, algumas chegando a bem mais de 1000 m², e dezenas de metros de profundidade, de área de exploração. Na bacia de Fervida e Ribeirão das Onças, a atividade também se faz presente.

A extração é mal organizada, executada sem critérios técnicos, aumentando o custo de extração e a diminuindo a vida útil das jazidas, expondo o nível freático à poluição, com intensa movimentação de terra para abertura de acessos, desencadeando processos erosivos e assoreamento dos rios. Em lavras abandonadas não há medidas recuperativas, dificultando ou mesmo impossibilitando a colonização vegetal, degradando a paisagem (THEODOROVISCK et al, 1999).

Pode ainda ser constatado que as explorações não seguem um esquema de exploração mais lógico, por bancadas, mas sim se iniciando na base das encostas e depois prosseguem mais acima, desestabilizando encostas e paredes, facilitando quedas de blocos, acidentes em geral, erosão e aumento da turbidez

As rochas de calcário extraídas são levadas até os fornos, os quais permanecem quase sempre acesos, e aí são “queimadas” durante dias, em altas temperaturas, para depois de moídas, em usinas de beneficiamento existentes na região, serem comercializadas.

Para a bacia do Alto Capivari, a análise das fotos aéreas de 1970, 1980, 1996 e a imagem de 1999 revelou uma forte expansão das áreas afetadas pela mineração como a área das frentes de lavras, áreas de depósitos de calcário e áreas de fornos de calcário

Esta análise das fotos e imagens envolveu identificação, localização e quantificação das áreas afetadas pela mineração. Em 1980, a área foi totalizada em 216.314 m², ou seja, 0,22 km². Em 1999, a área afetada totalizou 1,215 km². Assim, houve um crescimento de 0,99 km² no período de dezenove anos, o que resulta numa taxa de crescimento anual de 0,052 km² /ano, ou seja, aproximadamente 52.000 m²/ano.

A problemática destas áreas quanto à contaminação do aquífero se refere à exposição do sistema freático nas cavas e conseqüente aumento da vulnerabilidade pela possibilidade de contaminação. Em termos ambientais, ocorre o desmatamento de grandes áreas além das frentes de lavras, não havendo também o respeito aos perímetros de proteção dos rios ou manutenção das matas ciliares. Nas pedreiras abandonadas, não é executada a recomposição florestal, sendo a paisagem muito alterada pelas lavras abandonadas.

Sobre a qualidade da água superficial do Rio Capivari

A qualidade de água superficial de uma bacia constitui um importante parâmetro para se avaliar sua integridade (MARGALEF, 1980). Numa bacia bem vegetada ou com um bom manejo de solos e florestas, os rios apresentam águas límpidas, de boa qualidade bacteriológica e que pouco se altera com o evento da precipitação. Dentro deste contexto foram analisados os dados de 67 amostras de água coletados pela SANEPAR no Rio Capivari na ETA de São Dimas

A TABELA 1 sintetiza os resultados da análise estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, valores máximos e mínimos) das 67 amostras.

TABELA 1: ANÁLISE ESTATÍSTICA DE COLIFORMES TOTAIS , FECAIS, TURBIDEZ E COR.

| Análise | Coliformes totais (NMP) | Coliformes fecais (NMP) | Turbidez NTU | Cor uH |
|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------|
| Média | 4889 | 3248 | 33,33 | 77,03 |
| Mediana | 2450 | 1200 | 14,25 | 50 |
| Desvio padrão | 6396 | 5264 | 50,7 | 82,3 |
| Maior valor | 28400 | 20000 | 316 | 375 |
| Menor valor | 200 | 200 | 5 | 0,24 |

LEGENDA: NMP (número mais provável: n^o coliformes /100ml); NTU (unidade nefelométrica de turbidez) e uH (unidades Hazen).

Verifica-se que as contagens do NMP (número mais provável) de coliformes foram altas, nenhuma amostra apresentou NMP menor de 200 coliformes totais ou fecais/100ml , sendo que oito apresentaram valores de coliformes totais maiores que 20.000/100ml e dez amostras apresentaram valores de coliformes fecais maiores que 4000/100ml. Estes níveis ultrapassariam os limites estabelecidos para a classe 3, ou seja, tanto para as águas brutas destinadas ao abastecimento (resolução no 20 do CONAMA)⁶ quanto para irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e ainda para o critério de satisfatório⁷ para balneabilidade.

A presença de valores elevados de coliformes pode ser explicada pela proximidade do local da amostragem, de moradias criadouros de animais e mesmo de áreas cultivadas que utilizam esterco de animais como insumo. Nas visitas a campo foram constatadas na beira do rio Capivari alguns criadouros de porcos, sendo este padrão de ocupação bastante disseminado em toda a área da FOM do Paraná e Santa Catarina, acentuando-se ainda mais nas zonas de antigos faxinais.

Quanto a turbidez, verifica-se nesta tabela que em média ela também é alta, chegando a valores demasiado elevados. O CONAMA/86 estabelece que as classes para abastecimento devem possuir um valor máximo de turbidez de 100 NTU. Uma vez que a turbidez é causada pela erosão dos terrenos e das margens dos rios, pode-se concluir que ocorre um certo desequilíbrio na bacia, quer seja pela falta de mata ciliar, quer seja pela falta de uma adequada proteção do solo e conseqüente erosão.

A ocorrência de erosão é prejudicial, uma vez que ela depaupera o solo que constitui uma cama da protetora e amortizadora de poluentes e, portanto fundamental para a proteção dos aquíferos.

⁶ **Classe 3** de CONAMA: “número de coliformes fecais até 4000/100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês”

⁷ Satisfatório para **balneabilidade**: “quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo 100 coli/100ml ou 5000 colitotais /100ml”.

Quanto à contaminação por coliformes, é problemática em nascentes de curto tempo de residência.

A FIGURA 4 mostra o Rio Capivari, próximo à foz da bacia do Alto Capivari. Esta foto foi tirada após períodos de precipitação intensa, quando os valores de turbidez e de coliformes são em geral bastante elevados.



FIGURA 4: RIO CAPIVARI PRÓXIMO À FOZ DA BACIA DO ALTO CAPIVARI

O turismo rural

Na área das bacias foi implantado o chamado “Circuito Italiano de Turismo Rural”, inclusive com o recém criado e bastante visitado “Parque Municipal Gruta do Bacaetava”. O turismo rural iniciado em 1999, articulado pela COMEC e EMATER e com a parceria de vários órgãos, prefeituras e setor privado. Nos últimos anos, esta atividade vem se desenvolvendo, com a implantação de hotéis, pousadas, pesque-pagues e restaurantes, devido à peculiaridade da região colonizada por imigrantes italianos, proprietários de pequenos e arrumados sítios, nesta topografia singular, além da proximidade com Curitiba

Este turismo pode ser adequado à área de mananciais, uma vez que explora principalmente a paisagem local o que gera um interesse dos habitantes na manutenção da integridade da mesma e mesmo na recuperação de áreas degradadas. Entretanto maiores estudos devem ser feitos sobre o impacto positivos e negativos desta atividade, sobre o aquífero e águas superficiais.

Sob o ponto de vista de contaminação, a expansão de pesque-pagues pode ser potencialmente poluidora, devido à adição de compostos na alimentação dos peixes, especialmente os nitrogenados. Outro aspecto ambiental a ser considerado é que como estas áreas geralmente se situam próximas à fontes e nascentes, a alteração da vazão quando chove pode ser muito rápida, apresentando um risco de rompimento destas pequenas barragens, inundando áreas a jusante.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

Pela análise do uso e ocupação do solo, verifica-se que potencial de impacto no aquífero e nas águas superficiais pelo sistema agrícola praticado em Fervida e Ribeirão das Onças como sendo elevado. O estudo foi baseado no nitrogênio, entretanto deve-se considerar que este elemento em geral está relacionado à adição de outros agroquímicos por agricultores mais tecnificados.

Entretanto a agricultura previne a ocupação urbana e industrial, numa área bem servida em estradas e próxima aos grandes centros. Assim, esforços na tentativa de transformar esta agricultura num sistema de produção menos ofensivo em relação ao ambiente devem empreendidos. Uma boa iniciativa, ainda incipiente na área, mas com ótimo crescimento no mercado, é a agricultura orgânica, onde não se utiliza agrotóxicos, não poluindo o ambiente com produtos sintéticos.

Outro aspecto preocupante se refere à densidade populacional, bastante alta e que deveria ser contida, evitando o parcelamento dos minifúndios que já são muito pequenos.

Quanto à bacia do Alto Capivari, áreas desmatadas ocupam uma proporção muito alta, o que tem se refletido na elevada turbidez em períodos de precipitação. A substituição dos bracatingais que vem ocorrendo nos últimos anos merece um estudo mais aprofundado. Deve-se lembrar que as florestas são o melhor meio de conservação dos solos e locais onde não há emissão de poluentes.

Quanto à atividade de mineração é necessário maior planejamento, com a recomposição de lavras abandonadas e uma maior precaução quanto à exposição do sistema freático e também com as águas superficiais, estabelecendo perímetros de proteção.

A conservação da qualidade de água em aquíferos cársticos deve ser feita de forma preventiva, com um adequado planejamento do uso da terra. Para isto dois aspectos são fundamentais, o estudo detalhado do impacto das atividades que se desenvolvem neste ambiente especial e o estabelecimento de políticas que fomentam atividades sustentáveis, baseados nestes estudos prévios. Neste sentido este trabalho procurou dar sua contribuição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLEKEN, M.A; BAKKEN, L.R. The nitrogen cost of food production. Norwegian Society. **Ambio**, Estocolmo, vol. 26, n. 3, p.134 - 42, 1997
- BLEKEN, M.A; BAKKEN, L.R. The nitrogen cost of food production. Norwegian Society.
- COPEL, ITC, FUPEF, COMEC, IBDF. **Estudo da Biomassa e do Mercado de Energéticos de Produtos florestais no Sudeste Paranaense**. Governo do Estado Do Paraná. Vol 1 relatório final. 1985. 149p.
- CONAMA. **Resoluções do CONAMA**, 1984/ 91. 4. ed. ver. e ampl., Brasília : IBAMA, 1992. 245 p.
- FRAGA, C. G. Análise introdutória à hidrogeologia do "Karst" paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (8 :1994: Recife). **Anais...** Recife: ABAS, 1994.
- FRITZSONS, E. **Avaliação do Impacto da contaminação por nitrogênio na bacia hidrográfica cárstica de Fervida / Ribeirão das Onças – Colombo –PR.**, 1999. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) , UFPR. 164p.
- FRITZSONS, E., RIZZI, N.E., BITTENCOURT, A. V. L., MANTOVANI, L. E. **Uso da terra e contaminação por nitrogênio numa bacia hidrográfica cárstica**. Boletim Paranaense de Geociências. UFPR. nº 48. 2000.
- HINDI, E.C. **Classificação hidroquímica e hidrogeológica das fontes cársticas das bacias dos rio Tumiri, Água Comprida, Fervida e Das Onças – Colombo, Pr.** 1999. Dissertação (mestrado em Geologia). UFPR, 127p.
- KLEIN, R. **Fitofisionomia e notas sôbre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica de parte dos Municípios de Rio Branco do Sul - Bocaiuva do sul - Almirante Tamandaré e Colombo (Pr)**. Boletim da UFPR. Instituto de Geologia, Curitiba, n. 3, 93 p., 1962.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: J. Olympio. 168p. 1981.
- MANTOVANI, L.E.; FRITZSONS, E. Ambiente climático da floresta ombrófila mista. In: 4th International Symposium on Forest Ecosystems - Forest 96. **Anais**. Belo Horizonte, p. 268-269, 1996.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. 1009p 1983 Barcelona: OMEGA.
- NASCIMENTO, E. B. (Coord.), et al.. **Estudo do quadro natural Karst**. Curitiba: 1997. 34 p
- PROJETO KARST 2nd **Progress Report**. Institut Joanneum Research ; 1998 85p.
- SUDERHSA. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná. 1987-1995**. SUDERHSA. 257p. 1997.

- RIZZI, N E. **Aplicacion de agua residual urbana en sedimentos de suelo forestal arcilloso : estudio experimental.** Cantabria, Espanha, 1991. Tese (Doutorado), Universidad de Cantabria.
- THEODOROVICZ, A. ,THEODOROVICZ, A.M.G.; CANTARINO, S. C. **Projeto Curitiba: Atlas de uso e ocupação do solo da região metropolitana de Curitiba; problemas ambientais relacionados.** São Paulo, CPRM, 1999. 48 p. ; mapa; il. (Programa Informações para Gestão territorial GATE)
- VELOSO, H., P. **Classificação da vegetação brasileira adaptada à um sistema universal.** Rio de Janeiro : IBGE, 1991, 124 p.