

## IV-229 - PROPOSIÇÃO DE UM PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS EM UNIDADES RURAIS FAMILIARES NO MUNICÍPIO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ, PARANÁ

**Rafael Alexandre Chwist<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Atuou como estagiário no Projeto Rio Verde e bolsista PIBIC, realizando monitoramento da qualidade das águas e análises laboratoriais em ambos os projetos.

**Harry Alberto Bollmann**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1983), Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (1986) e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003). Atualmente é professor Titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná junto ao Mestrado em Gestão Urbana e ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental.

**Alessandro Bertolino**

Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2008). Especialista em Emergências Ambientais pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2010). Realizou estágio de um ano e meio na antiga Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) do Estado do Paraná. Atualmente é Pesquisador EXP-3 no Projeto Carste entre 2009-2011.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Fernandes de Barros, 1220 – Hugo Lange - Curitiba - PR - CEP: 80040-200 - Brasil - Tel: (41) 3027-2850 - e-mail: [rafa\\_chwist@hotmail.com](mailto:rafa_chwist@hotmail.com)

### RESUMO

A zona rural do município de Almirante Tamandaré, Paraná, situa-se em uma área de grande fragilidade ambiental natural devido à presença do Aquífero Carste, o qual é considerado estratégico para o abastecimento público de água potável da Região Metropolitana de Curitiba. O uso e a ocupação inadequada do solo nessa região podem causar diversos problemas sociais e ambientais, como por exemplo, a contaminação da água por agentes químicos, impossibilitando o seu consumo. Por esse motivo percebeu-se a necessidade de realizar um monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas da região. O presente trabalho tem como objetivo consolidar o plano de monitoramento da qualidade das águas a partir de uma avaliação ambiental inicial e de um monitoramento prévio da qualidade das águas superficiais e de poços existentes na área de estudo do projeto. A metodologia da pesquisa envolveu uma revisão bibliográfica sobre monitoramento ambiental, visitas de campo para localização e mapeamento dos possíveis pontos de monitoramento, estruturação do plano de monitoramento inicial, organização de materiais para trabalho em campo, coletas de amostras, análises em laboratório, interpretação dos dados, revisão do plano e a organização dos resultados em planilha eletrônica. Por meio do plano de monitoramento estruturado foi possível caracterizar as águas de acordo com sua origem, identificar pontos com contaminação e ainda realizar comparações dos resultados com a legislação pertinente à qualidade das águas. De modo geral a qualidade das águas dos corpos hídricos monitorados em Almirante Tamandaré não está boa, pois dos 28 pontos monitorados apenas cinco não tiveram nenhum tipo de contaminação de origem fecal. Desses cinco pontos três são águas provenientes da rede da Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar e duas são de poços profundos. Também foram realizados cinco esforços amostrais para a determinação de todos os parâmetros previstos na Resolução Conama n.357/2005 para águas superficiais e, dessas, uma apresentou contaminação por agrotóxico. Na maioria dos casos a contaminação está ocorrendo por problemas relacionados ao saneamento rural inadequado (fossas inadequadas, lançamento de esgotos domiciliares, fezes de animais, chiqueiros), por falta de mata ciliar protetora dos recursos hídricos superficiais e, principalmente, pela falta de informação dos proprietários rurais. O monitoramento deve-se continuar para que se possam obter resultados mais concretos e então medidas corretivas possam ser tomadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Almirante Tamandaré. Aquífero Carste. Qualidade da água. Monitoramento Ambiental.

## INTRODUÇÃO

Situado na região Sudeste do estado do Paraná, Almirante Tamandaré pertencente à Região Metropolitana de Curitiba. Com uma população de 103.204 habitantes (IBGE, 2010), este Município foi desmembrado de Colombo através da Lei Estadual nº 2 de 28 de outubro de 1947, com o nome de Timoneira. Entretanto, em 24 de março de 1956, houve a reintegração de seu antigo e tradicional nome, Almirante Tamandaré, por meio da Lei Estadual nº 2.644, em homenagem ao Marquês de Tamandaré, almirante e patrono da Marinha do Brasil.

Com renda per capita de R\$ 197,65 (IPARDES, 2010), 95,8% da sua população é urbana. Tem uma esperança de vida ao nascer de 66,10 anos, taxa de alfabetização de adultos de 89,94% e taxa bruta de frequência escolar de 73,51%. Esta realidade faz com que o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal seja de 0,728 colocando-o na 274ª posição entre os 399 municípios paranaenses, e na 2.743ª posição dentre os 5.561 municípios do ranking nacional segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD; IPEA; FJP, 2000).

As principais atividades econômicas englobam o extrativismo mineral, com cerca de 20 indústrias de cal e calcário situadas junto à Rodovia dos Minérios e, também, quatro fontes produtoras de água mineral que são engarrafadas e comercializadas. Porém, a atividade dominante pela ótica da extensão geográfica é a agropecuária, com destaque às olericulturas e as culturas de morango, milho, feijão e batata inglesa, bem como pecuária leiteira e de corte.

Outra característica importante é a ocorrência de uma zona cárstica, sob o município, considerada estratégica para o abastecimento público de água potável da Região Metropolitana de Curitiba. Engloba cerca de 166 km² dos 188 km² de Almirante Tamandaré e nela se encontra cerca de 30% da sua população. No estado do Paraná, o aquífero Carste (ou Karst) possui área aproximada de 5.740 km² e um potencial hidrogeológico de 8,9 L/s/km² (SUDERHSA, 2007) abrangendo, total ou parcialmente, os seguintes municípios da porção norte da capital paranaense: Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul, Colombo, Bocaiúva do Sul, Cerro Azul, Tunas do Paraná, Doutor Ulisses e Adrianópolis, além da cidade de Castro e de Ponta Grossa.

Borghetti (2004, p. 105) define o aquífero cárstico como uma “formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas”. O aquífero Carste pode ser caracterizado por águas muito límpidas. Lisboa (1997) esclarece que a água da chuva, ao atingir a rocha, apresenta um pH ácido. Porém, torna-se básica pelo acréscimo do teor de cálcio que é dissolvido pela decomposição da rocha à medida que percorre os rios subterrâneos. Este pH básico impede que os sedimentos se mantenham suspensos, fazendo-os depositar rapidamente. Outra particularidade desse tipo de aquífero é a sua descontinuidade geológica, apresentando-se em células cársticas mais ou menos compartimentadas, com fluxo em canais, e águas “duras”, isto é, com elevado conteúdo mineral, em especial Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

Do ponto de vista dos sistemas de abastecimento de água, os recursos hídricos subterrâneos tornam-se uma alternativa de abastecimento simples, confiável, de baixo custo e de grande disponibilidade, já que são águas armazenadas durante muitos anos no subsolo. Atualmente o aquífero cárstico apresenta-se como um potencial manancial abastecedor da Região Metropolitana de Curitiba. De acordo com o Banco de Dados Hidrogeológicos da Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Governo do Estado do Paraná (SUDERHSA, 2007), atual Instituto das Águas do Paraná, existem aproximadamente 115 poços perfurados na área de ocorrência do aquífero Carste, apresentando uma vazão média superior a 70 m³/hora e uma profundidade média de 55 metros.

Entretanto, a área de ocorrência do Carste apresenta restrições para assentamentos urbanos em virtude da fragilidade geotécnica dos terrenos causados pelos processos de dissolução das rochas carbonáticas, que pode ser acelerada por ações próprias do uso inadequado do solo. A ocupação intensa dessas áreas, somada à presença de atividades minerárias, agrícolas convencionais e de exploração de água do aquífero subterrâneo, podem desencadear conflitos e impactos de várias naturezas, desde a subsidência e o rebaixamento de terrenos, os quais também podem ocorrer de forma natural, com o desabamento repentino do teto de uma cavidade subterrânea, afetando edificações, contaminando rios e águas subterrâneas, chegando até à redução na disponibilidade hídrica dos cursos d'água.

A contaminação do Carste está intensamente relacionada ao uso e ocupação do solo dessas áreas onde, dependendo da tipologia de uso e da intensidade da ocupação, poderá interferir na qualidade de suas águas. As principais fontes de contaminação são o lançamento de esgotos domésticos e industriais, os produtos da percolação de resíduos sólidos (chorume dos aterros sanitários), cemitérios (necrochorume), bem como os resíduos e produtos oriundos da atividade agrícola (fertilizantes e agroquímicos), além dos ferros-velho e postos de combustível (MINEROPAR, 2005).

Embora menos intenso, o uso de agroquímicos e fertilizantes nas práticas rurais convencionais tem dois fatores agravantes. O primeiro no sentido da extensão territorial de sua aplicação, que amplia geograficamente o problema da contaminação das águas por produtos agroquímicos e fertilizantes dentro do município. O segundo diz respeito à baixa degradabilidade (persistência) destes produtos na natureza que, por acumulação no aquífero, pode tornar as águas do subsolo impróprias para o abastecimento humano por longo tempo, e cuja descontaminação é complexa e raramente econômica.

Segundo Feitosa e Manoel Filho (2000, p.164), as regiões cársticas apresentam algumas características como a grande presença de cavernas, pelas quais circulam correntes subterrâneas e pela predominância de águas subterrâneas sob as águas de escoamento superficial (córregos e rios). Tal fato ocorre pela existência de um alto coeficiente de porosidade na composição dos solos dessas regiões, além das próprias cavernas, canais e fissuras presentes nos terrenos. Assim, a velocidade de infiltração das águas das chuvas aumenta, não deixando tempo suficiente para que tais águas escorram sobre a superfície formando rios e córregos.

Nas regiões cársticas, a circulação das águas para o interior da terra faz-se por meio de pontos de absorção das águas superficiais em fissuras, dolinas, abismos e outros. A água percola então por poços e galerias no interior do solo, de modo que os canais subterrâneos sempre buscam os pontos de fraqueza da massa rochosa e tendem a formar condutos bem desenvolvidos. O retorno das águas para a superfície em zonas de predomínio cárstico é um fenômeno trivial, fato que explica a ocorrência de mananciais de volumes e tamanhos diferenciados (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 157).

Nesse cenário natural de presença do aquífero cárstico subterrâneo, de baixa densidade do sistema de drenagem das águas superficiais, de ocupação rural extensiva caracterizada em sua maioria por uma agricultura tradicional de base familiar com o uso de agroquímicos, e de baixa consciência ambiental para a conservação das águas no município de Almirante Tamandaré, propôs-se o “Projeto Carste: Ação e Educação Ambiental para a Conservação da Água em Unidades Rurais Familiares no Município de Almirante Tamandaré”, EDITAL CT - AÇÃO TRANSVERSAL / Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/CT-Hidro nº 27/2008”, financiado pelo CNPq.

O objetivo principal do projeto é o de contribuir para a conservação dos recursos hídricos em unidades rurais de base familiar no município de Almirante Tamandaré, Paraná. Para se atingir esse objetivo maior, faz-se necessário conhecer a qualidade geral das águas (subterrâneas e superficiais) na região de estudo, motivo pelo qual se apresenta este estudo que pretende produzir um Plano de Monitoramento para a região.

## OBJETIVOS

O objetivo específico desse trabalho é o de consolidar o plano de monitoramento da qualidade das águas na região cárstica de Almirante Tamandaré, a partir de uma avaliação ambiental inicial e de um monitoramento prévio da qualidade das águas superficiais e de poços existentes na área de estudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a proposição de um plano de monitoramento das águas na região cárstica de Almirante Tamandaré faz-se necessário em primeiro lugar uma avaliação preliminar ambiental do local (Litosfera, Hidrosfera, Atmosfera, Flora e Fauna), mapeamento das principais atividades econômicas da região com potenciais efeitos sobre a qualidade das águas ou o regime hídrico, elaboração de um plano inicial de monitoramento, realização de coletas de amostras para avaliar qualidade média bem como sua variabilidade espacial e temporal, avaliação dos resultados encontrados e proposição do plano de monitoramento definitivo tendo em vista a determinação dos poluentes prioritários a serem acompanhados pelo monitoramento.

A escolha dos pontos amostrais não ocorreu de forma aleatória, onde a possibilidade de acesso aos mananciais situados dentro de propriedades rurais foi determinante para a fixação da rede amostral. Nesse processo, procurou-se convencer os proprietários da importância do monitoramento, apresentando os objetivos do estudo em reuniões da Associação de Produtores Agrícolas de Almirante Tamandaré, a qual conta com agricultores de produção convencional (aqueles que utilizam agroquímicos) e de produção orgânica. Mesmo que o maior interesse recaísse sobre as propriedades nas quais se realizavam a agricultura tradicional, os maiores interessados em participar do projeto de monitoramento foram os proprietários que realizavam agricultura orgânica na sua propriedade, talvez pela maior segurança em relação à menor contaminação das águas ou mesmo pela necessidade de se obter melhores informações sobre a qualidade das águas usadas na sua produção para fins de certificação da sua produção.

A participação no programa de monitoramento não foi imposta, pois prescindia da disponibilização da propriedade para diagnósticos e estudos a ser elaborados por pessoas desconhecidas, expondo possíveis problemas. A aceitação dos proprietários rurais não foi imediata, porém, oito produtores agrícolas sensibilizados pela questão do Carste demonstraram interesse em participar do projeto. Essas oito propriedades rurais encaixam-se como pequenas propriedades rurais, já que possuem menos de 30 hectares.

A maioria das propriedades rurais no município (cerca de 350 famílias, segundo os dados do Censo Demográfico de 2000) possui características tradicionais no manejo agrícola. Pelo potencial que essas famílias têm de modificar a qualidade das águas, estas propriedades são de grande interesse para o trabalho. Por outro lado, as propriedades que aderiram ao projeto são de agricultura orgânica, que geram impactos no aquífero com potencial relativamente menor, se comparados com os agricultores tradicionais. Porém os dados obtidos em suas propriedades também auxiliam grandemente o desenvolvimento do trabalho.

Seguindo um cronograma de atividades utilizado no trabalho, primeiramente foi realizada uma pesquisa (revisão bibliográfica) sobre: plano de monitoramento, monitoramento em propriedades rurais onde priorizam a qualidade das águas, análises laboratoriais e os métodos existentes e suas prioridades, legislação pertinente à qualidade da água em cada uso definido.

Logo após a realização destas pesquisas de cunho teórico-conceitual, iniciaram-se as visitas aos proprietários, primeiramente para esclarecimento sobre o objetivo do projeto e seu funcionamento, e depois para a coleta dos seus dados cadastrais, localização mais apurada das propriedades por meio de coordenadas geográficas fornecidas por GPS. Aproveitou-se também a oportunidade para marcar uma nova data de retorno para o reconhecimento das propriedades, sua demarcação e localização dos pontos potenciais para o monitoramento das águas.

Logo após a obtenção das coordenadas, foi realizado um mapeamento das propriedades e dos pontos amostrais utilizados a plataforma *Google Earth®* que, mesmo erros de leitura das coordenadas geográficas em relação às tradicionais imagens de satélite, facilitaram a identificação dos pontos de monitoramento e possibilitaram a constante atualização das imagens locais.

Com as imagens das propriedades em mãos, foi realizada uma visita às famílias dos agricultores, onde foram realizadas avaliações ambientais preliminares para estabelecer em campo a demarcação dos limites das suas propriedades, bem como das características ambientais gerais da propriedade (área, nascentes, rios, construções, plantações, fossas, esgotos, chiqueiros, áreas de plantio e de cobertura florestal e todos os possíveis locais de interesse). Todas essas informações foram localizadas por meio da leitura das coordenadas geográficas em um GPS, e repassadas para o ambiente *Google Earth®*, finalizando-se o mapa.

Com o mapeamento de cada propriedade, e de posse da legislação pertinente à qualidade das águas (superficial e subterrânea) foi organizado um plano de monitoramento inicial no qual foram selecionados os pontos amostrais, as variáveis de monitoramento a serem ensaiadas em laboratório, a frequência amostral, bem como os critérios de qualidade estabelecidos em lei para cada situação. A seleção dos pontos seguiu alguns critérios: se a água utilizada é para irrigação ou consumo; se o rio corta toda a propriedade; se a água apresenta sinais de poluição; se existem nascentes e poços em cada propriedade rural. Essas informações permitiram a organização e preparo do material que foi levado a campo em cada visita, para coletar amostras das águas.

As operações de campo utilizaram os métodos, equipamentos e materiais de segurança para a coleta e preservação das amostras segundo os procedimentos constantes no *Standard Methods for the Examination of*

*Water and Wastewater*, (APHA; AWWA; WEF, 1998). Nos trabalhos de campo foram verificadas e anotadas na ficha de coleta, as anormalidades constatadas nas proximidades dos pontos amostrais que possam interferir no resultado das análises, como a presença de lixo, odor, condições climáticas etc.

Com as amostras em laboratório, realizaram-se as determinações físico-químicas seguindo-se novamente os procedimentos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 1998). As determinações foram executadas no Laboratório de Análises Ambientais da PUCPR. Com os laudos dos resultados laboratoriais, organizou-se em planilha eletrônica EXCEL (Microsoft®) as tabelas com os dados e informações obtidas durante o monitoramento.

## RESULTADOS

Para este trabalho, optou-se por uma formatação do Plano de Monitoramento que pudesse relacionar, ademais das informações sobre as variáveis escolhidas, a frequência e a localização dos pontos amostrais, os objetivos do monitoramento e as responsabilidades sobre as etapas do trabalho. Desse modo, o plano foi dividido em sete partes, a saber: descrição dos objetivos do monitoramento, matriz de arranjo institucional, definição do plano de amostragem, materiais empregados, metodologias empregadas, argumentos jurídicos empregados e estratégia de divulgação dos resultados. Aqui serão apresentados apenas os resumos de cada uma destas partes.

### 1. Descrição dos Objetivos do Monitoramento

O monitoramento pretendido neste estudo tem duas funções básicas:

- Função de Conhecimento e Informação;
- Função de Suporte ao Planejamento e Gestão.

Para a primeira função, pretende-se que o monitoramento possa indicar pela tendência central dos dados e sua variabilidade, a qualidade das águas disponível em propriedades rurais de base familiar que estejam assentadas sobre a área de ocorrência cárstica em Almirante Tamandaré. Tem assim, o papel de informar sobre a condição de qualidade e sua variação espacial e temporal.

Do ponto de vista do suporte ao planejamento e gestão, espera-se que o monitoramento permita comparar as informações da qualidade das águas perante os padrões estabelecidos em lei. Com isso, será possível averiguar se a qualidade das águas disponíveis nas propriedades é própria (ou não) aos usos pretendidos. No final deste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos para cada uma das funções indicadas.

### 2. Matriz de Arranjo Institucional

As instituições envolvidas no monitoramento são:

- Pontifícia Universidade Católica do Paraná: Institucionalmente, a execução deste projeto dentro da PUCPR esteve a cargo do Programa de Mestrado e Doutorado em Gestão Urbana – PPGTU. A operacionalização prática do monitoramento (coleta das amostras, logística de transporte dos materiais ao laboratório e a realização das determinações físico-químicas e biológicas) foi realizada pelo Laboratório de Análises Ambientais do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental. Ao total, estiveram envolvidos nesse projeto dois professores, três técnicos de laboratório e quatro acadêmicos do curso de graduação de Engenharia Ambiental;
- Prefeitura Municipal de Almirante Tamandaré: A Prefeitura prestou apoio ao estudo por meio da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, no sentido de disponibilizar a base de dados existente, além de acompanhamento das ações desenvolvidas, inclusive com apoio técnico. Este apoio foi importante no sentido de dar credibilidade institucional às ações do grupo técnico. A prefeitura disponibilizou para acompanhar este trabalho dois técnicos da área de Meio Ambiente e um Engenheiro Florestal;
- Associação de Produtores Agrícolas de Almirante Tamandaré: A associação contribuiu para o convencimento dos proprietários rurais na adesão ao estudo, permitindo a realização dos trabalhos. Mesmo assim, foram necessários cerca de nove meses de reuniões com os associados para que alguns deles permitissem a execução do monitoramento em suas propriedades. A associação acompanhou o projeto por meio do seu presidente.



A relação dos nomes, endereços e atividades relacionadas ao projeto de cada um dos integrantes da equipe técnica foi suprimida deste texto, mas constituiu um documento importante para regular a hierarquia das relações entre as três instituições. Essa organização permitiu a negociação antecipada das atividades de cada participante no processo e a fixação dos canais de comunicação hierarquizados conforme o seu papel no processo de monitoramento (e não com base na sua atuação junto à sua instituição de origem). Com isso, chegou-se ao final do projeto sem os desgastes pessoais e institucionais muito comuns em processos de monitoramento, ocasionados pela indefinição da hierarquia de comunicações e do estabelecimento do papel de cada um no projeto.

### 3. Plano de Amostragem

Com base na adesão dos proprietários rurais aos objetivos deste monitoramento, cadastraram-se oito propriedades rurais sobre área cárstica no município de Almirante Tamandaré para fins de monitoramento das águas. Em cada propriedade foram identificados os pontos amostrais mais significativos. Em geral selecionaram-se poços, nascentes e corpos hídricos que servem de abastecimento de água para as atividades da propriedade, bem como pontos localizados a jusante de fontes de poluição identificadas na vistoria.

Ao todo, foram selecionados 28 pontos amostrais (Tabela 1), que tiveram suas respectivas localizações definidas por meio das coordenadas UTM, e codificadas conforme a origem das águas (manancial superficial, poço ou mesmo rede de abastecimento) e diferenciadas de acordo com as iniciais dos proprietários rurais. Além do uso da rede de abastecimento público para o consumo domiciliar em algumas propriedades, em duas delas a irrigação das culturas era também feito por meio do uso destas águas. A Figura 1 ilustra como exemplo, o mapeamento efetuado em uma das oito propriedades monitoradas.

Com base na revisão de literaturas congêneres, e considerando os tipos de fontes poluentes identificadas nas propriedades rurais, estabeleceu-se uma relação inicial de variáveis a serem monitoradas. Estas variáveis foram separadas conforme sua origem em:

- Variáveis para águas superficiais: Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, DBO 5 dias, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Total Kjeldhal, Oxigênio Dissolvido, Porcentagem de Saturação do Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Temperatura da Amostra, Temperatura do Ar, Turbidez e Vazão;
- Variáveis para águas subterrâneas: Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, Nitratos, pH, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Temperatura da Amostra, Temperatura do Ar, Turbidez, nível da água no poço.

**Tabela 1 – Codificação dos Pontos de Monitoramento considerados para a avaliação da qualidade das águas**

PONTO	DESCRIÇÃO
FLO1	Nascente em propriedade vizinha, água armazenada em FLO5.
FLO3	Lagoa formada pela junção de FLO1 E FLO2 e sua água é utilizada para irrigação da produção.
FLO4	Ponto do rio a jusante das atividades domésticas, suinocultura e da estufa. Próximo e cortado por uma estrada.
FLO5	Poço utilizado para armazenamento da água da nascente FLO1, utilizada para consumo e irrigação da estufa.
FNA1	Nascente fora da propriedade (localizada a aproximadamente 1 km ao norte), porém utilizada para consumo humano de aproximadamente 14 famílias.
PNA1	Poço raso (13 metros), cuja água é utilizada para irrigação na propriedade.
FCA1	Nascente dentro de um tanque em alvenaria.
FCA2	Nascente localizada dentro da lagoa.
FCA3	Córrego a jusante da propriedade, toda a drenagem da propriedade escoar para esse ponto. Possui águas de FCA1, FCA2 e águas vindas de propriedades vizinhas (sem tratamento de esgoto).
FCA4	Água armazenada proveniente do poço artesiano e águas pluviais por sistema de calhas. Água utilizada para produção.
PCA1	Poço raso (20 metros), cuja água é utilizada para consumo e produção.
PCA2	Poço artesiano de 100 metros, porém o nível da água fica a aproximadamente 45 metros. Captada a água para análise em torneira ao lado do FCA4.
FRI1	Córrego localizado a montante da propriedade, não recebe contribuição da mesma. Casa localizada ao lado do ponto de coleta.
FRI2	Ponto localizado na saída da água da maior lagoa.
FRI3	Ponto localizado na saída da lagoa a jusante da maior, possui captação de água. Potencial abastecedor para a propriedade vizinha.
PRI1d	Poço raso (14 metros) desativado.
PRI1	Poço artesiano localizado ao lado do poço raso, coletado na torneira, abaixo da caixa de água da edificação próxima.
FEL1	Ponto onde é armazenada água em uma caixa fechada, a qual proveniente de uma nascente, bombeada para FEL2.
FEL2	Reservatório da água bombeada de FEL1, utilizada para consumo e produção.
FEL3	Ponto localizado a jusante da lagoa, ponto mais baixo da propriedade.
FRO1	Conjunto de quatro nascentes dentro de uma caixa em alvenaria. Utilizada para produção.
FRO2	Córrego proveniente de FRO1 outra nascente localizada dentro de uma lagoa a jusante de FRO1.
RRE1	Torneira de água da rede da Sanepar localizada na entrada da propriedade
RRE2	Caixa de água da rede da Sanepar, localizada nos fundos da propriedade. Água utilizada para irrigação da propriedade. Água coletada na mangueira de condução da água para a horta.
PRE1	Poço localizado na propriedade da irmã (vizinha), com potencial para irrigação da horta.
FDI1	Nascente localizada na propriedade vizinha, porém é utilizada para irrigação da horta.
RDI1	Torneira de água da rede da Sanepar.
PDI1	Poço cuja água é utilizada para dessedentação de animais.

Observações: F – água de origem fluvial – nascentes, rios ou poço de armazenamento

P – água de poço artesiano, semi-artesiano ou poço raso.

R – água da rede da Sanepar

Os pontos FLO5, FCA4, FRI3, FEL2, FRO1, PRE1 e FDI1 foram selecionados para análise completa perante a Resolução Conama 357/2005 por serem usados para irrigação agrícola.

**Figura 1 – Exemplo de mapeamento dos Pontos de Monitoramento realizado em uma das oito propriedades rurais em Almirante Tamandaré**



Após um período de seis meses de esforços de monitoramento com frequência mensal, realizou-se uma primeira análise dos resultados obtidos, e verificou-se a necessidade de adicionar mais algumas variáveis. Também, com o ingresso de propriedades que são servidas por redes de abastecimento, e que usam destas águas para irrigação agrícola, realizou-se um ajuste na relação das variáveis. Em **negrito** são indicadas as alterações feitas a partir da relação inicial:

- Variáveis para águas superficiais: Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, DBO 5 dias, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Total Kjeldhal, Oxigênio Dissolvido, Porcentagem de Saturação do Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Temperatura da Amostra, Temperatura do Ar, Turbidez, Vazão, **Alcalinidade Total, Cálcio, Dureza Total, Magnésio e Nitratos**;
- Variáveis para águas subterrâneas: Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, Nitratos, pH, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Temperatura da Amostra, Temperatura do Ar, Turbidez, nível da água no poço, **Alcalinidade Total, Cálcio, Dureza Total, Magnésio, Fósforo e Nitratos**;
- Variáveis para águas da rede pública de abastecimento: Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, Nitrogênio Amoniacal Total, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Turbidez, **Alcalinidade Total, Cálcio, Dureza Total, Magnésio e Nitratos**.

Como o prazo programado para o monitoramento é de 24 meses, e os seis meses iniciais foram alvo do monitoramento preliminar da qualidade das águas, espera-se seguir com o programa de variáveis já ajustadas nos 18 meses restantes, com frequência de coleta mensal. Até o momento foram realizadas 15 das 24 coletas programadas.

Ao final do primeiro ano de monitoramento, foi realizada uma nova avaliação das variáveis selecionadas para o monitoramento, e a conclusão que se chegou é que não seriam necessárias novas alterações no plano existente. O que se observou é que seria conveniente a realização, em cada uma das oito propriedades rurais, de pelo menos uma amostragem mais completa nos pontos amostrais localizados nas tomadas de água para irrigação das culturas. Dessa maneira, optou-se por realizar um esforço amostral adicional, realizando-se todas as 109 variáveis indicadas na Resolução CONAMA 357/2005. Esta estratégia foi implementada para observar a



presença de princípios ativos de agroquímicos usados nas próprias propriedades rurais ou propriedades circunvizinhas. As variáveis realizadas foram:

- Variáveis para águas de irrigação (previstas na Resolução Conama 257/2005): Materiais Flutuantes, Óleos e Graxas, Substâncias que Comunicam Odor, Corantes Artificiais, Resíduos Sólidos Objetáveis, Coliformes Termotolerantes, DBO, DQO, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Cor, pH, Clorofila A, Contagem de Cianobactérias, Sólidos Dissolvidos Totais, Temperatura, Alumínio Dissolvido, Antimônio, Arsênio, Bário, Berílio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cloreto, Cloro Residual, Cobalto, Cobre Dissolvido, Cromo, Ferro Dissolvido, Fluoreto, Fósforo Total, Lítio, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Prata, Selênio, Sulfato, Sulfetos, Urânio, Vanádio, Zinco, Acrilamida, Alaclor, Aldrin e Dieldrin, Atrazina; Benzeno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Carbaril, Clordano, 2-Clorofenol, Criseno, 2,4-D; Demeton (Demeton-O e Demeton-S), Dibenzo(a,h)antraceno, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetano, 2,4-Diclorofenol, Diclorometano, DDT (p,p'-DDT, p,p'-DDE e p,p'-DDD), Dodecacloropentaciclodecano, Endossulfan (a, b e sulfato), Endrin, Estireno, Etilbenzeno, Índice de Fenóis, Glifosato, Gution, Heptacloro e Heptacloro Epóxido, Indeno(1,2,3,cd)pireno, Lindano (g-HCH), Malation, Metolacloro, Metoxicloro, Paration, PCB's - Bifenilas Policloradas, Pentaclorofenol, Simazina, Surfactantes, 2,4,5-T, Tetracloro de Carbono, Tetracloroetano, Tolueno, Toxafeno, 2,4,5-TP, Triclorobenzenos, Tricloroetano, 2,4,6-Triclorofenol, Trifluralina, Xilenos e Hexaclorobenzeno.

Espera-se refazer esta análise ao final dos 24 meses de monitoramento.

#### 4. Materiais Empregados

Os materiais empregados nas atividades de coleta e determinações laboratoriais foram divididos em 2 grupos distintos:

- Equipamentos de proteção individual e coletiva: a primeira tarefa realizada nessa etapa do monitoramento foi a avaliação dos riscos individuais e coletivos no processo de coleta das amostras e determinações laboratoriais. O deslocamento da equipe de coleta ao campo foi realizado com o uso da Unidade Móvel do Laboratório de Análises Ambientais, e nesse deslocamento há o risco de acidentes de trânsito no percurso entre a PUCPR e a região de estudo, principalmente na região central da cidade de Curitiba. Assim, as rotas e os horários de deslocamento foram adequados para minimizar este risco. Na coleta das amostras, os riscos estão associados à movimentação da equipe em terrenos acidentados e a presença de animais peçonhentos principalmente nas matas ciliares próximas às nascentes e córregos monitorados. Além disso, o manuseio de ácidos fortes para a preservação das amostras coletadas também representa um risco à equipe de trabalho. Para minimizar a possibilidade de acidentes, os frascos já seguem para o campo com os reagentes necessários à preservação das amostras, e adequadamente identificados em relação à presença de substâncias agressivas no seu interior. Também foi discutido o uso de calçados adequados para a movimentação em áreas de floresta. Na realização das determinações laboratoriais os riscos são mais evidentes, por causa do local de trabalho (laboratório) e da utilização de produtos químicos. Nesse local os acidentes podem ser: queimaduras causadas por produtos químicos, fogo, água fervente, materiais quentes; intoxicação causada por gases nocivos e produtos químicos; cortes causados por vidros quebrados; contaminação por águas sujas. Para minimizar os acidentes, os participantes passaram por um treinamento interno em relação aos riscos, atitudes de risco bem como equipamentos de proteção individual a serem usados durante os procedimentos em laboratório. Além disso, houve a supervisão e acompanhamento dos bolsistas do projeto por técnico laboratorista formado;
- Materiais de coleta, acondicionamento, transporte e determinações laboratoriais: os materiais empregados, como frascos, caixas de acondicionamento, garrafas coletoras, equipamentos de medição em campo, além dos materiais e equipamentos empregados nas rotinas de laboratório dependem das determinações físico-químicas e biológicas previstas. Para relacioná-los, utilizaram-se os argumentos estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 1998), SM<sub>20</sub> 1060 B para Coleta, e SM<sub>20</sub> 1060 C para Armazenamento e Preservação das Amostras. Para o trabalho, foi produzido um documento de coletânea dos procedimentos de preparação das matérias para as coletas de campo e determinações laboratoriais, que foram traduzidos e organizados para servir de referência para toda a equipe do projeto. Esse manuseio inicial revelou-se produtivo para que todo o pessoal envolvido tomasse contato com as rotinas de trabalho em campo e no laboratório, e as dúvidas gerais puderam ser resolvidas.

## 5. Metodologias Empregadas

Assim como para a seleção e organização dos materiais empregados no monitoramento, as metodologias empregadas para coleta das amostras, o seu acondicionamento, transporte, guarda e determinações laboratoriais foram organizadas e compiladas em uma pasta do projeto que ficou a disposição de todos os membros da equipe do projeto no Laboratório de Análises Laboratoriais. Essas metodologias foram selecionadas com base na precisão e sensibilidade necessária para cada variável, na adequação da metodologia ao nível de treinamento do técnico bem como na infraestrutura laboratorial disponível para o projeto. Os procedimentos empregados seguiram os preceitos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 1998). A Tabela 2 indica as referências metodológicas empregadas.

**Tabela 2 – Referencial metodológico empregado para as determinações laboratoriais**

VARIÁVEIS	UNIDADE	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	MÉTODO
Alcalinidade Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0,1	SM <sub>20</sub> 2320 B.
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1,0	SM <sub>20</sub> 9223 B.
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1,0	SM <sub>20</sub> 9221 F.
Condutividade	μS/cm	0,1	SM <sub>20</sub> 2510 B.
Cor Verdadeira	UHazen	1,0	SM <sub>20</sub> 2120 C.
DBO 5 dias	mg O <sub>2</sub> /L	1,0	SM <sub>20</sub> 5210 B.
Dureza Total	mg/L	0,1	SM <sub>20</sub> 2340 C.
Fósforo Total	mg P/L	0,01	SM <sub>20</sub> 4500-P D.
Nitrato	mgNO <sub>3</sub> /L	0,1	SM <sub>20</sub> 4500-NO <sub>3</sub> E.
Nitrogênio Amoniacal	mg /L	0,02	HACH Method 8038 Nessler Method (Adaptado do <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> 4500-NH <sub>3</sub> B e C).
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,02	SM <sub>20</sub> 4500-N <sub>org</sub> B. (Realizado pela diferença entre NTK e Nitrogênio Amoniacal)
Nitrogênio Total Kjeldhal	mg/L	0,02	SM <sub>20</sub> 4500-N <sub>org</sub> B.
Oxigênio Dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	-	SM <sub>20</sub> 4500-O G.
% Oxigênio Dissolvido	%	-	SM <sub>20</sub> 4500-O G.
pH	-	0 – 14	SM <sub>20</sub> 4500-H <sup>+</sup> B.
Sólidos Totais	mg/L	1,0	SM <sub>20</sub> 2540 B.
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	1,0	SM <sub>20</sub> 2540 D.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1,0	Realizado pela diferença entre ST e SST
Temperatura da Amostra	°C	-	SM <sub>20</sub> 2550 B.
Temperatura do Ar	°C	-	SM <sub>20</sub> 2550 B.
Turbidez	UNT	1,0	SM <sub>20</sub> 2130 B.

## 6. Argumentos Jurídicos

Os critérios para a verificação da condição de qualidade das águas são relativos à sua origem podendo ser superficial, subterrânea ou rede pública de abastecimento. As águas localizadas na superfície, podendo ter como origem rios, lagos e nascentes foram avaliadas segundo os critérios da Resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005, para a Classe 2. As águas subterrâneas originadas de poços foram avaliadas segundo os critérios da Resolução Conama n.º 396, de 3 de abril de 2008. As águas provenientes da rede pública de abastecimento, mesmo usadas para outros fins como a irrigação, foram avaliadas segundo a Portaria do Ministério da Saúde n.º 518, de 25 de março de 2004.

## 7. Divulgação dos Resultados

Os resultados das análises realizadas em cada ponto foram entregues aos respectivos proprietários, com o cuidado de não revelá-los a terceiros sem a sua expressa autorização. Essa estratégia foi discutida por ocasião da

tramitação do projeto junto ao Comitê de Ética em Pesquisa. Cada laudo foi então discutido sobre o seu significado com cada proprietário e também, para cada caso, sugeriram-se ações de resolução dos problemas encontrados. Como se trata de um trabalho acadêmico onde a instituição executora não tem poder fiscalizatório instituído, sempre que detectados os problemas, procurou-se motivar os proprietários a agir no sentido de resolvê-los. Em muitos dos casos a própria universidade envolveu-se no sentido de dar apoio técnico e material na busca de um equacionamento aos impactos observados.

Até o final do projeto, todos os materiais, informações e dados obtidos no âmbito do projeto estão colecionados em uma sala virtual EUREKA da PUCPR, com acesso aos integrantes do projeto. Também, as informações básicas do projeto, bem como suas atividades estão disponibilizadas em um Blog do projeto em ambiente virtual internet: <http://projetcarst.blogspot.com/>.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

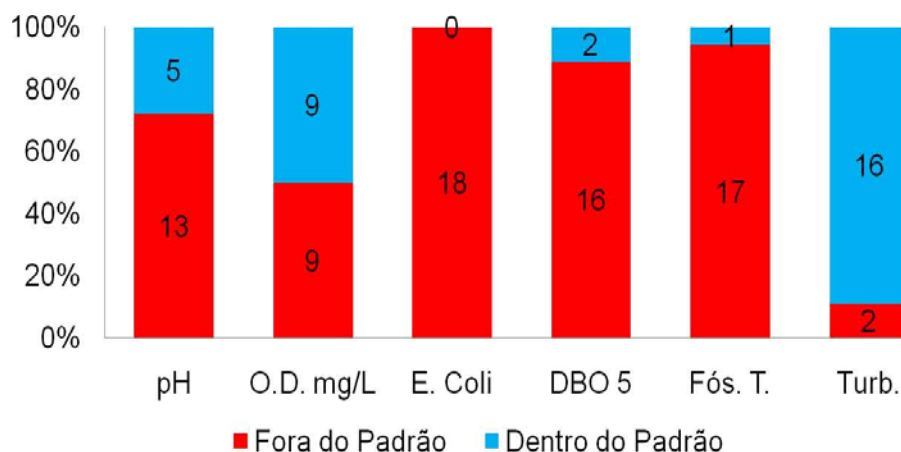
O levantamento de informações preliminares sobre a gestão ambiental na região cárstica de Almirante Tamandaré dava conta de que os resultados seriam animadores. Colaboram para este cenário a intervenção da Prefeitura Municipal que realizou seu Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado contemplando várias medidas de conservação da área cárstica, a intenção de desenvolver seu projeto de Agenda 21 municipal, o aproveitamento das águas do aquífero para abastecimento público pela concessionária de saneamento, a existência de uma ocupação rural de baixa densidade e focada na pequena produção rural de base familiar, a crescente agroindústria orgânica familiar com sistemas de produção menos impactantes, as constantes intervenções do Estado para resolver junto à comunidade os problemas causados pelos colapsos do solo e formação de dolinas típicas das regiões de ocorrência cárstica, entre outros fatores.

No entanto, do ponto de vista da qualidade das águas, comparados aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação, observou-se que de modo geral os resultados não são bons como se esperava. Dos 28 pontos de monitoramento observados, apenas cinco não tiveram nenhum tipo de contaminação de origem fecal. Desses cinco pontos, três são localizados em torneiras da rede de abastecimento público, e dois são de poços. Os resultados das determinações laboratoriais indicaram a ocorrência de contaminação dos recursos hídricos locais por esgotos domésticos ou fezes de animais. Nas visitas a campo observou-se com muita frequência a existência de chiqueiros e ou fossas sépticas domiciliares mal dimensionadas, mal construídas ou mal localizadas.

Outro problema identificado que está levando à poluição generalizadas as águas nas propriedades rurais é a falta de mata ciliar nos rios e nascentes. Em algumas ocasiões onde o regime de chuvas era mais intenso e frequente, foi perceptível a elevação das concentrações de sólidos, turbidez e cor aparente das águas superficiais.

Em uma das propriedades monitoradas, que realizava práticas de agricultura orgânica (sem o uso de agroquímicos), encontrou-se traços de agroquímicos (Atrazina e Simazina) derivados de herbicidas usados em plantações de milho vizinhas à propriedade, indicando que as práticas agrícolas realizadas em uma propriedade podem afetar outra, pelo pequeno tamanho as propriedades rurais locais e pela falta de sistemas de isolamento das propriedades, principalmente aquelas que pretende produzir os alimentos sem o uso de agroquímicos. Nas visitas a campo, e nas conversas com os proprietários, observou-se que grande parte das vezes, a contaminação não se dá de modo intencional, e que ela ocorre por falta de conhecimento dos proprietários em relação à dimensão dos impactos das atividades exercidas nas suas propriedades.

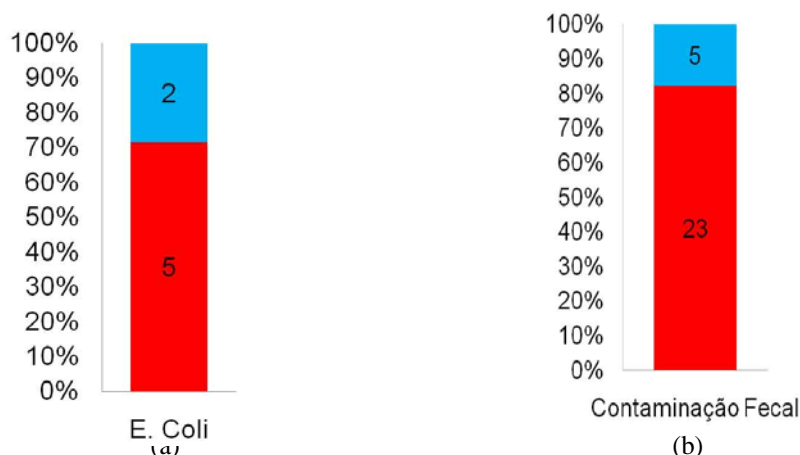
A Figura 2 mostra a porcentagem dos pontos situados em corpos hídricos superficiais monitorados que se encontram fora do padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/2005.



**Figura 2 – Porcentagem dos 18 pontos amostrais situados em corpos hídricos superficiais que encontram fora do padrão da Resolução Conama 357/2005, por variável**

Percebe-se, pelas variáveis que apresentaram concentrações fora dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 (pH, Oxigênio Dissolvido, *Escherichia Coli*, DQO 5 dias, Fósforo Total e Turbidez), que se trata muito provavelmente de contaminação orgânica proveniente de esgotos domésticos ou de dejetos animais.

Dos sete poços monitorados, cinco apresentavam contaminação fecal por *E. Coli* (Figura 3a). Considerando todos os 28 pontos monitorados, 23 deles apresentaram contaminação fecal (Figura 3b)



**Figura 3 – (a) Porcentagem dos pontos amostrais situados em poços que apresentaram desconformidades com a legislação; (b) porcentagem dos pontos amostrais totais (corpos hídricos superficiais e poços) que apresentaram contaminação fecal.**

## CONCLUSÕES

Os planos de monitoramento enfatizam a resolução dos problemas relativos à localização dos pontos de monitoramento, as variáveis a serem monitoradas e a frequência amostral. No entanto, a possibilidade de ampliar o escopo do plano pela consideração de outros elementos importantes parece ser fundamental. No estudo de caso do monitoramento das águas em pequenas propriedades rurais estabelecidas sobre a região cárstica de Almirante Tamandaré, considerou-se uma estrutura mais ampliada ao plano de monitoramento, na qual a fixação dos objetivos do monitoramento, a estruturação da matriz de arranjo institucional, a descrição dos materiais e métodos empregados, a fixação antecipada dos argumentos jurídicos e a estruturação de um plano de divulgação dos resultados, resultaram em melhorias na gestão do projeto de monitoramento.



O estabelecimento dos objetivos do monitoramento, quando feito inicialmente possibilitou à equipe selecionar os pontos de monitoramento e as variáveis mais significativas para responder aos questionamentos feitos, de modo rápido, direto e com custos reduzidos. Muitas vezes a fase de monitoramento ambiental se inicia na prática sem que as perguntas que se pretende responder com o monitoramento tenham sido feitas, e o resultado é a produção de informação sobre as variáveis ambientais muitas vezes sem utilidade para gerar o conhecimento que se pretende.

Do ponto de vista dos arranjos institucionais necessários para se executar o monitoramento em parceria com várias instituições, o estabelecimento de uma hierarquia entre os participantes que resulte na produção de uma matriz de arranjo institucional foi fundamental. Nesse caso, as relações são mediadas hierarquicamente conforme as exigências do monitoramento em si, e não tem muito a ver com a hierarquia das instituições de origem dos participantes. Assim, os participantes colaboram para os objetivos do monitoramento sem os potenciais conflitos gerados pelas imposições das suas instituições de origem.

Outro ponto favorável nesta nova estrutura do Plano de Monitoramento foi a declaração antecipada dos materiais e métodos empregados em cada uma das etapas do trabalho. Todos os participantes já conheciam não apenas quais as variáveis, pontos de monitoramento e frequência amostral seriam executados, mas também sabiam de antemão qual a precisão e sensibilidade das medições bem tinham uma ideia do erro incorporado ao resultado. Esse expediente permitiu a adequação das metodologias analíticas aos padrões estabelecidos pelas normas legais que, em muitos casos, prevê limites muito estritos em termos da concentração dos poluentes.

Sobre os argumentos jurídicos empregados, a legislação ambiental atual possui exigências em vários níveis de governo. Além das normativas federais (por exemplo, as Resoluções Conama), existem exigências estaduais que podem ser complementares ou mesmo mais rigorosas, e em alguns casos podem existir algumas exigências em nível municipal. O exercício do estabelecimento dessas exigências auxiliou na aceitação dos resultados do monitoramento pelos representantes de todos os níveis da federação participantes.

Por último, o estabelecimento de um fluxo de informações a serem distribuídas aos participantes e divulgadas à sociedade em geral contribuiu para evitar os problemas de competência e de propriedade sobre os dados. Os primeiros artigos dando conta dos resultados começam a ser produzidos e publicados sem que nenhum dos participantes tenha questionado sua participação ou coautoria no processo.

Na verdade, todos esses argumentos já são de conhecimento do meio acadêmico, mas em geral são esquecidos pelos mecanismos de planejamento e gestão das instituições que realizam o monitoramento e diagnósticos ambientais nos setores públicos e privados. Como resultado, os planos de monitoramento existentes carecem, muitas vezes, de um objetivo claro a ser atingido, do estabelecimento de estratégias de integrar-se aos bancos de informações já existentes, ou mesmo de credibilidade das informações produzidas. Pelos resultados até o momento alcançados nesse desenvolvimento gerencial, concluiu-se que a ampliação dos propósitos dos Planos de Monitoramento é não apenas salutar para mediar as relações entre as várias instituições que participam deste trabalho, como para estabelecer uma plataforma mediada de exigências mínimas ao trabalho o que favorece a credibilidade e a aceitação dos resultados pelas várias instituições.

Finalmente, observou-se que as águas monitoradas na região cárstica do município de Almirante Tamandaré, Paraná, sejam de corpos hídricos superficiais ou mesmo subterrâneos, apresentam indícios de contaminação provocada pelos atuais padrões de uso e ocupação do solo agrícola típicos da região estudada. O que não se pode conhecer é a extensão dessa contaminação em relação às águas do aquífero cárstico uma vez que esta formação geológica é composta de centenas de células cársticas mais ou menos compartimentadas, e que não se conhece, para cada célula, o comportamento da advecção dos poluentes.

De qualquer modo, ações de organização das pequenas propriedades rurais de base familiar que estão estabelecidas sobre as principais células cársticas da região, deverão ser efetivadas. Os principais aspectos que podem afetar direta ou diretamente a qualidade das águas do aquífero nesta região são: a falta de boas práticas de saneamento rural, a falta de orientação dos produtores sobre a gestão dos resíduos da produção pecuária e agrícola, o uso de agroquímicos e a retirada da cobertura florestal nas Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal. Para esses pontos, pretende-se atuar junto às famílias dos proprietários rurais no sentido de melhorar o nível de informação e conhecimento sobre os impactos causados pelas atividades rurais no âmbito das suas propriedades., iniciando-se com os 4 temas propostos anteriormente.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisas, pelo apoio ao Projeto CARSTE: Ação e Educação Ambiental para a Conservação da Água em Unidades Rurais Familiares no Município de Almirante Tamandaré, Paraná. Processo 574373/2008-0. Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/CT-Hidro n. 27/2008.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 Edition. American Public Health Association: Washington D.C., 1998;
2. BOLLMANN, Harry Alberto. Monitoramento Ambiental para Emergências Ambientais: aspectos introdutórios. Curitiba: Tecnodata, 2008, 29 p.;
3. BORGHETTI, N.R.B.; BORGUETTI, J.R.; FILHO, E.F. da R. Aquífero Cárstico: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 2004. 214p.
4. BURDEN, Frank R. et al. Environmental Monitoring Handbook. The McGraw-Hill Companies. 2004. Disponível em: Digital Engineering Library – [www.digitalengineeringlibrary.com](http://www.digitalengineeringlibrary.com);
5. CLESCERI, Lenore.; GREENBERG, Arnold E.; EATON, Andrew D.; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition. 20 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1998;
6. CONAMA. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2005. 23 p.;
7. CONAMA. Resolução N° 396, de 03 de abril de 2008. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2005. 64-68 p.;
8. CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 1980. 188 p;
9. FEITOSA, Fernando A. C.; MANOEL FILHO, João (Ed.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. 391 p;
10. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Cidades. Informações estatísticas – Almirante Tamandaré – PR. 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>;
11. IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Caderno Estatístico: Município de Almirante Tamandaré, 2010, 24 p. Disponível em <http://www.ipardes.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=5>;
12. LISBOA, Á. A. Proposta de metodologia para avaliação hidrogeológica do Aquífero Cárstico, compartimento de São Miguel. 1997. 137 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Geologia) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 1997.
13. MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. O sistema carste. In: Workshop Sobre O Aquífero Karst Em Almirante Tamandaré. Almirante Tamandaré, 2005.1 CD-ROM;
14. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N° 518, de 25 de março de 2004. 2004. 15 p.;
15. PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; FJP - Fundação João Pinheiro. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2000. Disponível em <http://www.pnud.org.br/atlas/>;
16. SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Estado do Paraná. Plano das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira. Curitiba. 2007. Disponível em <http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>;