

# MONITORIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA.

Antônio Silvio Jornadas Krebs<sup>1</sup>; Roberto Romano Neto<sup>2</sup>; Tiago Meis Amboni<sup>3</sup>;  
Marcio Zanuz<sup>4</sup>; Cléber José Baldoni Gomes<sup>5</sup> & José Eduardo Amaral<sup>6</sup>

## Resumo

Pela primeira vez em Santa Catarina está sendo implantado um programa de monitorização para as águas subterrâneas. A implantação deste programa na região carbonífera reveste-se da maior importância visto que, nessa área, uma significativa parte dos recursos hídricos superficiais já está impactada e não pode ser utilizada para abastecimento ou uso industrial. A monitorização das águas subterrâneas faz parte do Projeto de Recuperação Ambiental, desenvolvido pela Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC, em parceria com a CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Atualmente já foram construídos 11 poços de monitorização, sendo que está prevista a construção de mais 29 poços até 2013 aproximadamente seis poços por ano. Neste programa serão monitorizados 3 sistemas aquíferos que são susceptíveis à contaminação da drenagem ácida oriunda das atividades de mineração de carvão. Os poços estão sendo construídos de acordo com as especificações da Norma NBR 15.495-1 e a coleta das amostras com as orientações do projeto da norma em desenvolvimento na ABNT. A rede de poços está sendo implantada com base na localização das áreas com potencial de contaminação dos sistemas aquíferos com drenagem ácida de mina, levando-se em consideração as características geológicas e hidrogeológicas de cada local.

---

<sup>1</sup> Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. Rua Pacoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317613 – Fax (48) 34317650. [antonio.krebs@satc.edu.br](mailto:antonio.krebs@satc.edu.br).

<sup>2</sup> Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. Rua Pacoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317613 – Fax (48) 34317650. [roberto.romano@satc.edu.br](mailto:roberto.romano@satc.edu.br).

<sup>3</sup> Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. Rua Pacoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317613 – Fax (48) 34317650. [tiago.amboni@satc.edu.br](mailto:tiago.amboni@satc.edu.br).

<sup>4</sup> Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. Rua Pacoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317613 – Fax (48) 34317650. [marcio.zanuz@satc.edu.br](mailto:marcio.zanuz@satc.edu.br).

<sup>5</sup> Sindicato da Indústria da Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina – SIECESC. Rua Pacoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317613 – Fax (48) 34317650. [cleber.gomes@satc.edu.br](mailto:cleber.gomes@satc.edu.br).

<sup>6</sup> Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Rua Pascoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317607 – Fax (48) 34317650. [jeamaral02@yahoo.com.br](mailto:jeamaral02@yahoo.com.br).

## **Abstract**

A monitoring program for groundwater is being developed for the first time in the coal region of Santa Catarina State. Groundwater quality monitoring is necessary since a significant amount of water resources are already impacted from acid mining drainage and cannot be used without treatment. The program under consideration makes part of the Environmental Reclamation Project that is been developing by the Benefit Association of Coal Mining Industry of Santa Catarina State (SATC). The Geological Survey of Brazil (CPRM) is responsible for the monitoring wells implementation. Eleven monitoring wells have been constructed by now and other 29 are planned to be constructed until 2013 at a rate of six monitoring wells per year. Three aquifers that are possibly contaminated from acid mine drainage are being target by monitoring program: Rio Bonito Formation, Alluvial fan, Fluvial lake. The wells are being constructed in accordance with the NBR 15495-1 specifications and samples collection with the guidelines of the draft standard that is under development by ABNT. The monitoring wells net was designed considering the potential to aquifers contamination from abandoned coal mine sites, taking into account the geological and hydrogeological characterization of each one.

**Palavras-Chave** – Monitorização, aquíferos, qualidade ambiental.

## **1 - INTRODUÇÃO**

A degradação ambiental da região carbonífera sul-catarinense e em especial o comprometimento dos recursos hídricos, motivaram o Ministério Público Federal (MPF) a mover uma ação pública (sentença nº 20.097, de 05.01.2000, proferida pela Justiça Federal), a qual condenou solidariamente a União, o estado de Santa Catarina e as empresas mineradoras a promoverem a recuperação ambiental da área atingida pela atividade de extração de carvão no sul do estado. Em consequência disso, foi concebido o Programa de Recuperação Ambiental para a Bacia Carbonífera, que é constituído por vários projetos que objetivam a recuperação dos recursos hídricos, solo fauna e flora da referida bacia.

O acompanhamento deste programa é realizado através da elaboração de relatórios intitulados: “relatórios de monitoramento dos indicadores ambientais” (BRASIL 2009) os quais são encaminhados ao MPF para avaliação e posteriormente encaminhados ao Juiz Federal para homologação.

O monitoramento da qualidade ambiental das águas subterrâneas foi proposto visando a avaliação do impacto ambiental nos recursos hídricos, decorrente das diferentes fontes de contaminação relacionadas às drenagens ácidas de mina (DAM), depósitos de rejeitos carbonopiritosos, áreas mineradas a céu aberto e minas abandonadas.

O acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos nas áreas impactadas pela mineração de carvão, implica em avaliações sistemáticas desta qualidade, através de campanhas de monitoramento e utilização de indicadores físico-químicos, além de medidas do nível estático dos diferentes sistemas aquíferos presentes na área correspondente à bacia carbonífera de Santa Catarina.

Para a definição da rede de monitorização foram consideradas as informações disponibilizadas nos mapas geológicos e hidrogeológicos, elaborados a partir dos levantamentos de campo realizados pela CPRM nas bacias dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão, entre os meses de setembro de 2005 a janeiro de 2007.

O plano de monitorização contempla uma rede pioneira de poços, cuja densidade e frequência, objetiva uma avaliação regionalizada da qualidade das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos relacionados à Formação Rio Bonito, Depósitos de Leques Aluviais e Depósitos Flúvio-Lagunares, respectivamente.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Objetivo geral**

Monitoramento dos sistemas aquíferos susceptíveis à contaminação com drenagem ácida de mina na bacia carbonífera de Santa Catarina.

### **.2 - Objetivos específicos**

- monitorar a qualidade da água subterrânea e as variações do nível estático do horizonte hidroestratigráfico representado pelo intervalo entre as camadas de carvão Barro Branco e Irapuá relacionado com o sistema aquífero Rio Bonito;
- monitorar a qualidade da água subterrânea e as variações do nível estático dos sistemas aquíferos de leques aluviais e flúvio-deltaico;
- Implantar uma rede de monitorização dos recursos hídricos subterrâneos;
- Elaborar relatórios com avaliação dos dados obtidos nas campanhas de monitorização.

## **3 - METODOLOGIA**

Para a definição da rede de monitorização foram consolidadas as informações relacionadas às atividades de mineração de carvão e outras informações relacionadas à bacia carbonífera, que incluem:

- Mapa das áreas degradadas pela mineração de carvão em superfície realizado pelos técnicos do setor de meio Ambiente da SATC;
- Mapas de unidades mineiras de subsolo;

- Mapas geológicos e hidrogeológicos escala 1:100.000 da área das bacias dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão, elaborados pela CPRM no período de 2006 e 2007.

Os parâmetros estabelecidos para a monitorização da qualidade das águas subterrâneas são: dados regionais de precipitação, nível estático, pH, alcalinidade total, condutividade, ferro total, manganês total, acidez total, cálcio total, sódio total, potássio total, sulfato, magnésio total, cloreto total e alumínio total.

A caracterização hidroquímica das águas dos sistemas aquíferos monitorizados será realizada através da elaboração de gráficos semilogarítmicos de Schöeller e de diagramas de Stiff e de Piper. O Mapa Hidroquímico foi elaborado com a utilização de diagramas de Stiff e diagramas de Piper. Esta metodologia foi adotada por KREBS (2004) para a elaboração do mapa hidroquímico da área correspondente à bacia do rio Araranguá.

Os dados de precipitação são obtidos dos relatórios das estações pluviométricas das empresas carboníferas em operação, e da rede de estações meteorológicas da ANA - Agência Nacional de Águas, adotando-se as médias mensais nas análises de avaliação, que se seguirão aos resultados das campanhas de monitoramento.

#### **4 - CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DOS INTERVALOS LITOLÓGICOS MONITORIZADOS**

Na bacia carbonífera de Santa Catarina, ocorrem aquíferos relacionados aos diferentes tipos de rochas e sedimentos aí presentes. As rochas ígneas constituem os aquíferos do tipo fraturado e as rochas sedimentares gonduânicas, somadas aos sedimentos terciários e/ou quaternários constituem os aquíferos do tipo poroso.

Após o detalhamento de toda a área, ficou estabelecido, que seriam monitorizados os seguintes sistemas aquíferos:

- Sistema Aquífero Rio Bonito;
- Sistema de Leques Aluviais;
- Sistema Aquífero Flúvio-Lagunar.

A escolha desses sistemas deve-se à sua importância como sistemas produtores ou com potencialidade para a produção de água para consumo agroindustrial e de água potável, potencialidade esta, definida nos estudos hidrogeológicos realizados por KREBS (2004) na bacia do rio Araranguá e pela CPRM nas bacias dos rios Urussanga e Tubarão no período de 2005 a 2007. Esses sistemas aquíferos algumas vezes apresentam interação direta com as áreas de geração de drenagem ácida, constituídas pelas áreas mineradas a céu aberto ou em subsolo; efluentes oriundos de plantas de beneficiamento e depósitos de rejeitos.

As correlações litofaciológicas realizadas entre perfis de furos de sonda demonstraram que a

Formação Rio Bonito é um sistema aquífero, constituído por múltiplos intervalos aquíferos, relacionados geneticamente às diferentes associações litofaciológicas presentes no Membro Siderópolis e no Membro Triunfo.

O Membro Siderópolis, que constitui o terço superior da Formação Rio Bonito é formado por arenitos finos a médios, quartzosos, bem selecionados, porosos e permeáveis. Intercalam camadas de siltitos carbonosos e carvão. As correlações estratigráficas realizadas indicaram uma importante camada de carvão no topo do Membro Siderópolis denominada Barro Branco, e outra na base denominada Bonito. A espessura do Membro Siderópolis, de acordo com a análise e a correlação de perfis de sondagens, é bastante variável ao longo da área correspondente à bacia carbonífera, situando-se suas maiores espessuras na porção da Mina Esperança, no município de Treviso, onde alcança valores superiores a 90 m. Nesta mesma porção, constatou-se que entre a camada Barro Branco e a camada Bonito ocorre uma seqüência com aproximadamente 60 metros de espessura, constituída predominantemente por arenitos finos a médios, com algumas intercalações de siltitos. Esta seqüência arenosa constitui o intervalo aquífero que está sendo monitorizado.

Os Depósitos de Leques Aluviais são constituídos por duas seqüências distintas: a inferior, formada quase exclusivamente por material grosseiro, grânulos, seixos, cascalhos e blocos (constituindo o intervalo aquífero) e a superior de natureza areno-argilosa. Este intervalo inferior, constituído predominantemente por material rudáceo, com pequena cobertura de material argilo-arenoso, também é monitorizado, pois apresenta boas perspectivas para a exploração de água através de poços escavados, ponteiras ou poços tubulares.

De acordo com KREBS (2004), são estes depósitos que possuem a maior distribuição em área na bacia hidrográfica do Araranguá, perfazendo um total de 1088 km<sup>2</sup> e ocorrem de maneira contínua a partir da encosta inferior do planalto gonduânico e dos morros-testemunhos ao longo de toda a porção norte, centro e oeste da referida bacia. Este sistema aquífero ocorre em áreas com exposição de rejeitos da mineração de carvão na porção centro-leste da bacia do rio Araranguá e pode receber contribuição de águas ácidas dos rios Mãe Luzia e Sangão em épocas de seca.

Já na bacia do rio Urussanga, este sistema não está diretamente associado às áreas com rejeitos ou outras fontes de contaminação da mineração de carvão. No entanto pode receber a recarga de águas ácidas do rio Urussanga em épocas de seca, ou em épocas de chuva intensa pela inundação da área de ocorrência dos leques aluviais.

Os depósitos Flúvio-Lagunares englobam um conjunto complexo de fácies fluviais e lagunares. De maneira subordinada, ocorrem fácies eólicas. Constitui-se de intercalações de siltes, argilas e areias. Na planície do rio Tubarão predominam depósitos sílticos-arenosos relacionados a processos de transbordamento. Nas planícies do rio Araranguá e do rio dos Porcos, ocorrem intercalações de depósitos arenosos relacionados à ação eólica e depósitos silticos-argilosos,

relacionados às fácies lagunares. Este sistema aquífero é monitorizado somente nas áreas drenadas pelos rios Estiva dos Pregos e Capivari, na bacia do rio Tubarão, onde sofre influência das áreas onde houve no passado disposição de rejeitos carbono-piritosos.

## **5 - CARACTERIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MONITORIZAÇÃO**

Para caracterização e dimensionamento da rede de poços de monitorização levou-se em consideração o que segue:

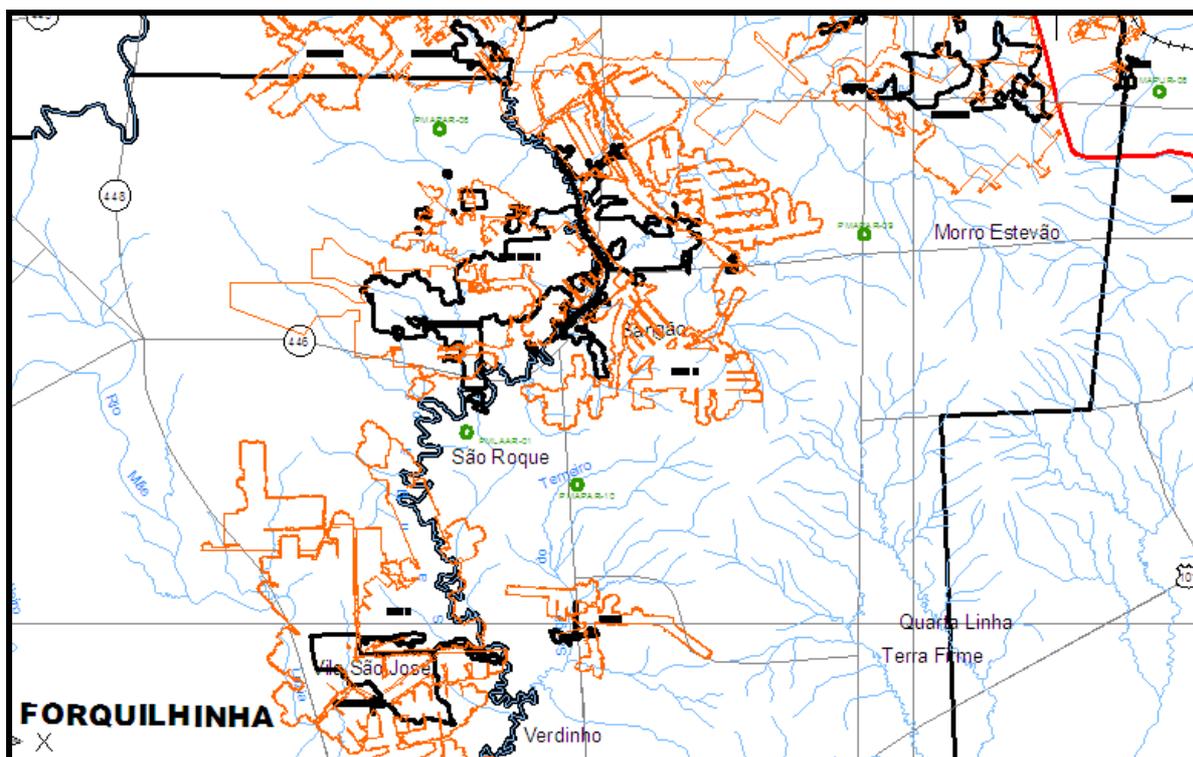
a) Que as fontes de geração de drenagem ácida mapeadas em superfície e subsuperfície são difusas, assumindo-se que a eventual pluma de drenagem ácida é formada por infiltração vertical dos aquíferos livres para os profundos, apresentando uma dispersão em área relativamente extensa em subsuperfície.

b) Os mapas potenciométricos dos sistemas aquíferos a ser monitorizados indicam as direções de fluxo da água subterrânea e foram utilizados para a determinação do local de instalação dos poços de monitorização.

c) Os mapas: hidroquímico, hidrogeológico e geológico, elaborados para as bacias do Araranguá e Urussanga foram utilizados para a fundamentação técnica da localização dos poços de monitorização.

Os poços de monitorização com a distribuição definida neste plano serão eficientes na detecção de drenagem ácida, atendendo aos princípios de localização definidos na norma NBR 13.865 de construir os poços a montante e jusante das fontes de contaminação.

A figura 2 mostra um exemplo da localização dos poços de monitorização em relação às áreas fontes de geração de drenagem ácida.



**Figura 2 - Mapa parcial de localização dos poços de monitorização (círculos verdes, áreas degradadas em superfície em preto, unidades mineiras subterrâneas em vermelho).**

### **5.1 - Definição da profundidade dos poços de monitorização**

No sistema aquífero relacionado à Formação Rio Bonito, os poços de monitoramento são aprofundados até 15 metros abaixo da camada de carvão Barro Branco, sendo desta forma, monitorizado o pacote da seqüência arenosa que ocorre entre as camadas de carvão Barro Branco e Irapuá. A razão da adoção deste nível de monitorização está relacionada à existência de unidades mineiras subterrâneas inundadas, que podem, eventualmente, estar promovendo a contaminação do aquífero com água ácida.

Este sistema pode estar sendo também contaminado com drenagem ácida, através dos sistemas de falhas e fraturas, ou variações laterais de fácies das camadas sobrejacentes, que condicionam sua permeabilidade secundária. Esta recarga do aquífero através de fraturas e/ou falhas abertas até à superfície, pode estar associada à existência de depósitos de rejeitos carbono-piritosos e áreas expostas com arenitos e siltitos contendo sulfetos disseminados (pirita e marcassita) e seus produtos de alteração.

No sistema aquífero relacionado aos leques aluviais o nível de profundidade definido para a monitorização é o contato da base do pacote de sedimentos que compõem o leque com seu embasamento. Neste caso haverá a penetração total do intervalo deste sistema aquífero. No que se refere a este sistema, a amostragem da água feita em poços de monitorização construídos pela

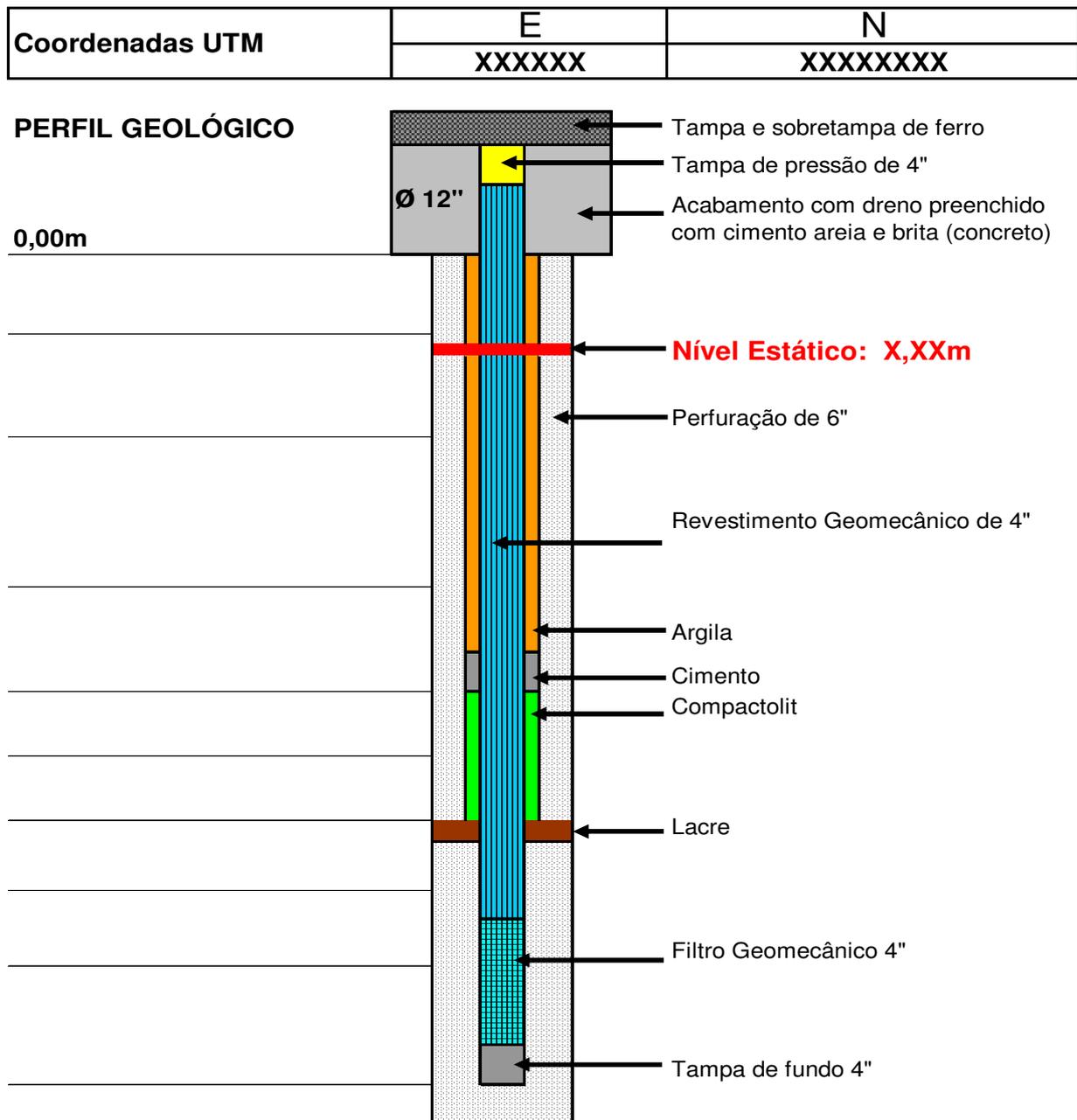
CPRM nas bacias do Araranguá e Urussanga não revelou a presença de poluição originada por drenagem ácida.

No sistema aquífero relacionado aos Depósitos Flúvio-Lagunares, os poços de monitorização também são aprofundados até seu embasamento, com penetração total do intervalo.

## **5.2 - Métodos de coleta, aspectos construtivos e análises das amostras**

### *5.2.1 - Aspectos Construtivos*

Todos os poços de monitorização são construídos em diâmetro de 4 polegadas (100 mm) e revestidos com tubos geomecânicos (revestimento e filtro) de 2 polegadas (50 mm), seguindo-se as orientações constantes na Norma NBR 15.495-1 publicada pela ABNT em 18/06/2007. A figura 3 mostra o perfil construtivo de um poço de monitorização.



**Figura 3 - Perfil esquemático de um poço de monitorização segundo a norma NBR 13.865.**

### 5.2.2 - Método de Coleta

Para a amostragem da água subterrânea dos poços de monitorização foi utilizado o método de baixa vazão também conhecido como *Low Flow*. Nesse método, a amostragem da água é realizada com uma vazão máxima de um litro por minuto e com o mínimo de rebaixamento da coluna d'água do poço. Adotando-se esses procedimentos, evita-se o fluxo turbulento da água durante a purga, garantindo a representatividade da amostra.

Durante o processo de amostragem, o nível da água no poço é monitorizado com a utilização de um medidor de nível eletrônico até a estabilização do nível dinâmico e são utilizados os

indicadores físico-químicos oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH para monitorizar as variações na qualidade da água.

A metodologia consiste em definir uma vazão para a estabilização do rebaixamento da coluna d'água, a qual apresente os parâmetros de qualidade dentro de limites considerados de estabilização por três leituras consecutivas, espaçadas entre si de no mínimo três minutos. Dentre os indicadores de qualidade da água citados, o oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica são os mais importantes, porque são os mais difíceis de ser estabilizados.

A coleta da amostra de água é feita somente após a verificação da estabilização dos parâmetros de controle dentro dos seguintes limites:

- pH: +/- 0,2 unidades
- condutividade elétrica: +/- 5%
- oxigênio dissolvido: +/- 0,2 mg/L.

Os equipamentos utilizados na amostragem de baixa vazão são os seguintes:

- Bomba de baixa vazão;
- Fonte de gás de nitrogênio;
- Painel para controle da pressão e do ciclo de injeção de gás;
- Medidor eletrônico de nível;
- Célula de fluxo apta a receber os sensores de pH, OD, temperatura e condutividade elétrica.

O método de baixa vazão não requer a purga de grandes volumes. Normalmente o volume é 95% inferior àquele obtido com a metodologia tradicional, que se vale de *bailer* ou bomba elétrica na amostragem.

A bomba de baixa vazão possui dois engates para mangueiras, um para entrada de gás e outra para a saída da água. No momento da colocação da bomba no poço, uma válvula localizada em sua base permite a entrada da água. O nitrogênio é utilizado apenas como propulsor da bomba, a qual elevará mecanicamente a água até a superfície.



**Figura 4 – Detalhe da bomba do equipamento de baixa vazão.**

O equipamento possui um controle eletrônico de fluxo que é utilizado no processo para ajustar o ciclo de pressurização e despressurização. Esse ciclo se repete durante a estabilização dos parâmetros e amostragem, sendo característico para cada poço, e a pressão é ajustada de acordo com a altura da coluna da água, e o tempo de despressurização ajustado para a recarga da bomba.



**Figura 5 – Detalhe do controlador eletrônico de fluxo.**

Durante o processo de estabilização dos parâmetros, a água é conduzida a uma célula de fluxo onde permanece em contato direto com os sensores de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e temperatura.



**Figura 6 – Detalhe da célula de fluxo.**

Na amostragem com o método de baixa vazão observa-se um protocolo de procedimentos que são registrados numa planilha de dados de campo:

- 1) Descontaminação prévia da bomba;
- 2) Descontaminação prévia dos recipientes utilizados para amostras;
- 3) Condições climáticas;
- 4) Ajuste do ciclo de pressurização;
- 5) Ajuste da pressão do gás;
- 6) Medida do nível estático;
- 7) Medida da profundidade do poço;
- 8) Posicionamento da bomba na porção mediana da seção filtrante,
- 9) Medida do nível dinâmico de estabilização,
- 10) Vazão final;
- 11) Volume da água;
- 12) Medida dos parâmetros físico-químicos;

A Figura 7 ilustra uma amostragem realizada no poço de monitorização PMAPUR01. Observa-se que antes da realização da amostragem, é medido o nível estático do poço.



**Figura 7. Detalhe de uma amostragem realizada no poço de monitorização PMAPUR01, na bacia do rio Urussanga.**

### 5.2.3 Análises das Amostras

Os parâmetros utilizados como indicadores de qualidade das águas subterrâneas, os limites de detecção das análises físico-químicas e as suas respectivas metodologias estão indicados na tabela 2 para cada parâmetro.

**Tabela 2 - Metodologia de análises físico-químicas para os indicadores de qualidade ambiental dos recursos hídricos subterrâneos.**

Parâmetro	Mínimo Detectável	Método de Análise
pH (23°C)	0,1	Potenciométrico
Acidez (mg.CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	1	Titulométrico
Alcalinidade total (mg.CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	1	Titulação potenciométrica
Condutividade (uS.cm <sup>-1</sup> 23°C)	0,001	Condutivimétrico
Sulfato (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Espectofotométrico ou Turbidimétrico
Ferro total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,02	Espectrometria de absorção atômica
Cloreto (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Espectrometria de absorção atômica
Manganês (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	Espectrometria de absorção atômica
Alumínio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Espectrometria de absorção atômica
Cálcio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	Espectrometria de absorção atômica
Potássio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	Espectrometria de absorção atômica
Magnésio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	Espectrometria de absorção atômica
Sódio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	Espectrometria de absorção atômica

### 5.3 - Periodicidade da Amostragem

A periodicidade da amostragem é quadrimestral, seguindo-se o critério de uma amostragem em cada período hidrológico e uma amostragem intermediária entre esses dois períodos.

Esta frequência poderá ser modificada diante da constatação da existência de variáveis locais que interfiram nos resultados, como por exemplo, recargas locais provenientes de minas subterrâneas.

## 6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A primeira campanha de monitorização subterrânea ocorreu nos meses de junho e julho de 2008, procedendo-se à coleta e às análises em cinco poços de monitorização.

**Tabela 3 – Localização dos poços monitorizados na primeira e segunda campanha.**

Ponto	E	N	Sub bacia	Localização
PMPAR01	646908	6851787	Rio Mãe Luzia	Bairro Brasília, Treviso
PMPUR01	664894	6851935	Rio Carvão	R. Carvão Alto, Urussanga
PMLAAR02	652556	6813075	Rio Mãe Luzia	Verdinho, Forquilha
PMLAAR03	644924	6824124	Rio São Bento	São Bento Baixo
PMLAUR01	672376	6835641	Rio Urussanga	Estação Cocal, Morro da Fumaça
PMPAR02	650470	6845886	Rio Mãe Luzia	Guanabara, Treviso
PMPPTB01	658425	6876214	Rio Laranjeiras	Morro da Palha, Orleans
PMPUR03	660637	6845844	Rio América	Rio América, Urussanga
PMFLTB09	702192	6854491	Rio Estiva dos Pregos	Estiva dos Pregos, Laguna
PMLAAR01	653627	6817745	Rio Sangão	São Roque, Criciúma
PMLAUR02	677267	6831999	Rio Vargedo	Rio Vargedo, Morro da Fumaça

As amostras coletadas nesta campanha foram enviadas para o laboratório LAQUA – Laboratório de Análises Químicas e Ambientais, para a realização das análises físico-químicas, e para o laboratório de Microbiologia do IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas, para análise de coliformes.

Os parâmetros analisados foram: pH, Acidez Total, Condutividade, Sulfatos, Alumínio Total, Ferro Total e Manganês Total.

A Tabela 4 mostra os detalhes da configuração do equipamento e dos dados hidrodinâmicos verificados durante o processo de amostragem da 2ª campanha de monitorização, e a Tabela 5 os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da 2ª campanha de monitorização subterrânea.

**Tabela 4 – Configurações adotadas e dados hidrodinâmicos verificados no processo de amostragem de baixa vazão na 2ª campanha de monitorização.**

Ponto	Data	Profundidade da Bomba (m)	Vazão (mL/min)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Rebaixamento (m)
PMAPAR01	30/06/2009	137	86	36,3	38,8	2,5
PMAPAR02	08/07/2009	57	142	1,4	4	2,6
PMAPT01	29/06/2009	30	125	1,7	2,75	1,05
PMAPUR01	02/06/2009	28	142,8	0	2,5	2,5
PMAPUR03	23/06/2009	24	76	10	10,4	0,4
PMFLTB09	29/06/2009	7	220	1,8	1,8	0
PMLAAR01	24/06/2009	7	100	3	3	0
PMLAAR02	06/07/2009	13	120	2,2	2,2	0
PMLAAR03	25/06/2009	9	140	1,1	1,1	0
PMLAUR01	02/06/2009	9	111,1	5,05	5,12	0,07
PMLAUR02	22/06/2009	10	150	0,42	0,6	0,18

**Tabela 5 – Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da 2ª campanha de monitorização.**

**Tabela 2.55 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da segunda campanha de monitoramento**

Ponto	Data	Acidez			Sólidos			Turbidez (NTU)	Alumínio Total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês Total (mg/L)
		pH	Total (mg/L)	Condutividade (uS/cm)	Nitrato (mg/L)	Dissolvidos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)				
PMAPAR01	30/06/2009	7,4	17,3	555	3,5	484	173,3	7,79	0,93	0,2	ND
PMAPAR02	08/07/2009	7,9	9,7	132	3,8	114	34,5	41	0,2	5,79	0,48
PMAPT01	29/06/2009	6,5	168,3	320	3,9	78	39,8	151,5	1,18	62,76	1,64
PMAPUR01	02/06/2009	7,7	8,2	283	0,9	232	17,5	5,9	ND	0,07	0,14
PMAPUR03	23/06/2009	5,3	156,6	163	1,2	132	70	1,9	ND	20,47	1,49
PMFLTB09	29/06/2009	5,5	40,8	85	9,3	61	16,9	4,48	0,61	0,37	ND
PMLAAR01	24/06/2009	4,8	91,8	82	2,6	48	18,7	8,1	ND	0,46	0,27
PMLAAR02	06/07/2009	6,3	106,1	292	6	265	99,7	83,85	0,2	8,25	1,34
PMLAAR03	25/06/2009	6,9	28	157	1	143	21	26,4	0,29	3	0,26
PMLAUR01	02/06/2009	6,7	51	209	2,7	193	31,1	22,8	0,06	5,7	0,12
PMLAUR02	22/06/2009	7,4	8,2	232	1,7	275	45	100	2,86	3,71	0,39

O poço PMAPA 01 constitui o ponto branco na área da bacia do Araranguá e o poço PMAPUR 01 corresponde ao ponto branco na bacia do Urussanga. Em ambos os casos, o valor de pH indicou que as águas são levemente alcalinas.

## **7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pela primeira vez em Santa Catarina, está sendo implantada uma rede de monitorização dos sistemas aquíferos que podem estar sendo contaminados por recarga superficial e/ou subterrânea, em função da sua proximidade com áreas potencialmente geradoras de drenagem ácida de mina.

A implantação dessa rede na região carbonífera reveste-se da maior importância, visto que existem extensas áreas com minas de carvão abandonadas na superfície e minas subterrâneas inundadas que impactam de forma significativa a qualidade dos recursos hídricos.

Os poços estão sendo construídos de acordo com as especificações da Norma NBR 15.495-1 e a amostragem também utiliza técnica adequada. A localização, bem como a profundidade final do poço foi definida levando-se em consideração as características geológicas e hidrogeológicas locais.

Como foram realizadas apenas duas campanhas de amostragem, considera-se que os dados das análises são insuficientes para concluir-se sobre a qualidade da água dos sistemas aquíferos. No entanto, os resultados mostrados na tabela 5 indicam que a água subterrânea de cada sistema aquífero apresenta significativa variação na concentração dos metais, embora encontrarem-se no mesmo horizonte hidroestratigráfico, o que exigirá cuidadosa avaliação para apontar-se se essas concentrações estão associadas com o impacto ambiental de drenagem ácida ou se representam a assinatura hidroquímica local.

## **8 - REFERÊNCIAS**

BRASIL Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. **Segundo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**. Criciúma, jul. 2008. 192 p.

GOMES, C.J.B.; CAMPOS, J.J.; ROMANO NETO, R.; ZANUZ, M. 2008. **Projeto de recuperação ambiental da bacia carbonífera de Santa Catarina**. Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente, 247-271pp. CETEM/MCT. Rio de Janeiro.

KREBS, A. S. J. 2004. **Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC**. Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 376 p. 2v. (Tese de Doutorado)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – Norma NBR 15.495-1 -  
**Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto  
e Construção.** Ano: 2007.