

COMPORTAMENTO DO FLUXO DAS ÁGUAS SUBTERRANEAS NA ÁREA DE UM EMPREENDIMENTO POTENCIALMENTE POLUIDOR NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA/ RS

Adilson de Chaves¹; José Luiz Silvério da Silva²

Resumo – No sistema de monitoramento a avaliação do nível da água subterrânea permite a determinação da direção de fluxo, identificação de zonas de recarga e avaliação da dispersão de contaminantes. O presente trabalho constitui parte de um estudo de monitoramento das águas subterrâneas em um reservatório de combustíveis no município de Santa Maria/ RS, instalado em uma zona de afloramento ou recarga direta do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na Depressão Periférica do Estado do Rio Grande do Sul. Avaliou-se a variação do nível estático dos poços de monitoramento no período de 12 meses. Evidenciou-se que ocorreram variações de nível da água nos poços de monitoramento avaliados, indicando estarem situados em área de recarga direta do Sistema Aquífero Guarani/SAG, constituído no local pelo Aquiclude da Formação Santa Maria Membro Alemoa. Também, construiu-se o fluxo da água subterrânea quatro períodos, sendo que a principal observação indica que em caso de vazamento de combustíveis os fluxos subterrâneos mostram que o Rio Vacacaí-Mirim será afetado.

Abstract – In the monitoring system, the evaluation of the groundwater permit the determination of the direction of flow, identification of recharge zone and evolution of dispersion of contaminants. The present work constitutes part of a monitoring study of groundwater in a fuel reservoir in the municipality of Santa Maria/ Brazil, installed in a outcrop zone or direct recharge of Guarani Aquifer System (GAS) in Depressão Periférica of the State of Rio Grande do Sul. It was evaluated the variation of static level of wells of monitoring in period of twelve months. It was perceive that occurred variations of water level in the evaluated monitoring wells, that indicated that they were situated in the area of direct recharge of Guarani Aquifer System (GAS), constituted in the place for Aquiclude of Santa Maria Formation Alemoa Member. Also, it was constroyed the groundwater flow for four periods, thus the main observation indicates that in case of fuel spill the groundwater flows show that the Vacacaí-Mirim river will be affected.

Palavras-Chave – Monitoramento; fluxo subterrâneo, cartogramas.

¹ Mestrando em Engenharia Civil/UFSM, Bolsista do CNPq/CTHidro Brasil, Av. Roraima, Prédio 17, sala 1605, 97119-900 Sta.Maria/RS chavesgeo@gmail.com

² Professor adjunto da UFSM/CCNE, Av. Roraima, Prédio 17, sala 1605, 97119-900 Sta.Maria/RS silverio@base.ufsm.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a água subterrânea tem se tornado uma fonte alternativa de abastecimento. Isto se deve, aos problemas de escassez e poluição das águas de superfície, que tornam seu custo cada vez mais oneroso em termos de potabilidade.

Visto a importância deste recurso para a sociedade contemporânea, a qualidade da água subterrânea deve ser preservada. Assim, cresce a preocupação quanto aos problemas de sua contaminação. Um dos mais frequentes casos de contaminação de aquíferos em centros urbanos, refere-se a tanques de armazenamento de combustíveis. Muitas são as causas para este fato, entre elas pode-se citar a grande quantidade de empreendimentos, a estocagem de produtos perigosos e altamente tóxicos, que mesmo em pequenas perdas causam grandes plumas contaminantes, a dificuldade de detecção de vazamentos em tanques subterrâneos e a falta de fiscalização adequada.

Assim, visto a problemática da contaminação das águas subterrâneas por vazamento em reservatórios de combustíveis, faz-se necessário um monitoramento hidrogeológico em empreendimentos que ofereçam risco ao subsolo. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2008), “O sistema de monitoramento tem o papel de acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade da água subterrânea”. As amostragens são efetuadas num conjunto de poços distribuídos estrategicamente, nas proximidades da área de disposição do resíduo. A localização estratégica e a construção racional dos poços de monitoramento, aliadas a métodos eficientes de coleta, acondicionamento e análise de amostras, permitem resultados bastante precisos sobre a influência do método de disposição dos resíduos na qualidade da água subterrânea.

No sistema de monitoramento, a avaliação do nível da água subterrânea permite a determinação da direção de fluxo, identificação de zonas de recarga, avaliação da dispersão de contaminantes e interpretação de dados geoquímicos. O presente trabalho constitui parte de um estudo de monitoramento das águas subterrâneas em um reservatório de combustíveis pertencente à empresa TRR (Transportador Revendedor Retalhista) Santa Lúcia no município de Santa Maria/RS, instalado em uma zona de afloramento ou recarga direta do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na Depressão Periférica do Estado do Rio Grande do Sul (Carraro et al., 1974). Pretendeu-se avaliar o comportamento do fluxo local das águas subterrâneas em diferentes meses de monitoramento, buscando-se inferir a existência de flutuações sazonais no período de doze meses.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O empreendimento monitorado localiza-se no Município de Santa Maria/ RS, no Bairro Camobi, próximo da rodovia RST-287 ou RS-509, a qual faz a ligação entre a cidade de Santa Maria e Porto Alegre, distando da capital cerca de 240 Km na direção Oeste. O reservatório de combustíveis situa-se nas proximidades dos trilhos pertencentes à América Latina Logística (ALL), lado direito no sentido Porto Alegre - Santa Maria, logo após a passagem da entrada da BASM - Base Aérea de Santa Maria, nas coordenadas UTM 239187m E e UTM 6711289m N (Figura 1).

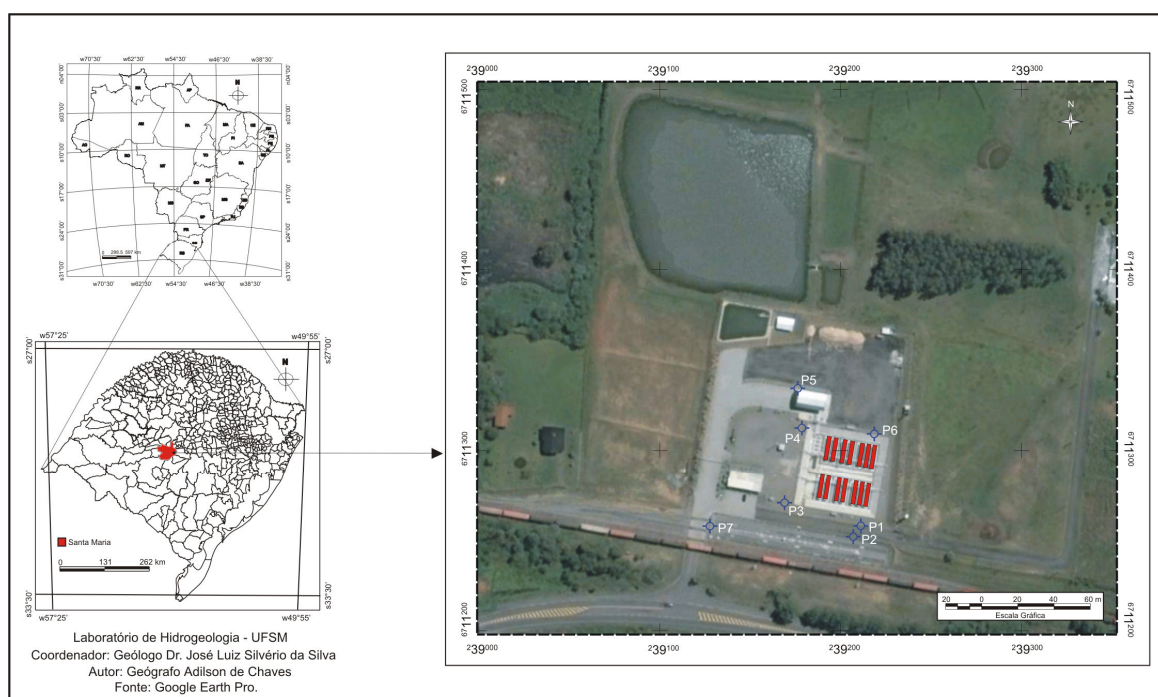


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Google Earth Professional.

O reservatório possui 14 tanques subaéreos de armazenamento de combustíveis (Figura 2), sendo 2 tanques com álcool anidro, 2 tanques com álcool hidratado, 6 tanques com óleo diesel e 4 tanques com gasolina, totalizando 120 m³ de álcool anidro, 120 m³ de álcool hidratado, 360 m³ de óleo diesel e 240 m³ de gasolina. Este terminal obteve a Licença Prévia (L.I) e começou a ser implantado no ano de 2004, obtendo a Licença de Operação (L.O) da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM/RS), em fevereiro de 2007. Portanto, o monitoramento iniciou antes do licenciamento ambiental (Licença de Operação). Neste empreendimento foram construídos sete (7) poços de monitoramento, denominados respectivamente P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 (Figura 1).



Figura 2 – Vista parcial do empreendimento e dos tanques subaéreos de armazenamento de combustíveis (tomada de Sul para Noroeste).

Fonte: Chaves, A. de. (2008).

Geomorfologicamente a área situa-se na Depressão Periférica do Estado do Rio Grande do Sul, em terrenos planos de composição sedimentar, em áreas de acumulação (Carraro et al., 1974).

A área em estudo localiza-se nas proximidades da Planície Aluvial do Arroio Vacacaí - Mirim. Assim, no tocante a geologia, a área situa-se sobre Terraços Fluviais pertencentes à Era Cenozóica, Período Quaternário de Idade Pleistocênica, onde afloram conglomerados, arenitos médios argilosos com estratificação cruzada e planar e também, siltitos arenosos de cores cinza-clara, rosa e amarela, de ambiente fluvial (Maciel Filho et al., 1990). Os Terraços Fluviais formam um aquífero livre e irregular, apresentam sedimentos pouco consolidados, bastante argilosos de pequena espessura. Sua permeabilidade é média a baixa, sendo que as águas são de boa qualidade e o seu aproveitamento pode ser feito por poços escavados. As cotas do terreno obtidas com uso do *Global Position System* (GPS) Topográfico, variam entre 99,50 e 100,53 metros de altitude em relação ao nível do mar, datum vertical Porto de Ibituba/ SC.

De acordo com Fachin (2005), a partir do estudo de qualidade físico-química em treze (13) poços no Bairro de Camobi, a faixa de variação do pH foi entre 5,46 a 8,60; a faixa de O.D. foi de 3,28 a 8,53 mg/L, a faixa da Condutividade Elétrica foi de 72 a 882 mg/L, enquanto a faixa de variação dos STD foi entre 46,8 a 573,3 mg/L, sendo onze poços com águas doces (STD < 500mg/L) e dois poços com águas salobras (STD > 500mg/L). Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005.

De acordo com Maciel Filho (1997) e Silvério da Silva (1997) os argilominerais das formações sedimentares Mesozóicas na região Central do Estado do Rio Grande do Sul, são de

composição caolinítica, esmectitas (I-S) expansivas e illitas, estas duas últimas apresentando elevada Capacidade de Troca Catiônica/CTC.

A composição silto-argilosa do terreno onde foi construído o reservatório de combustíveis, funciona como um Aquiclude, sendo a condutividade hidráulica estimada entre 10^{-7} a 10^{-1} m/d. O terreno apresenta uma baixa permeabilidade e uma porosidade variável em função da interdigitação de camadas arenosas relacionadas à paleo planície aluvial. Apresenta uma textura variável, predominando siltosa (diâmetro entre 0,062 a 0,002 mm) e argilosa ($< 0,002$ mm), formando uma geometria irregular não contínua. O ensaio de recuperação realizado no poço P2 na profundidade em torno de 5 m, indicou uma baixa permeabilidade das formações sedimentares com 0,24m/dia.

Executou-se um furo de sondagem com trado mecânico, com a seguinte descrição do perfil geológico até a profundidade de 6m, entre os poços P4 e P6:

- de 0,00 m a 0,95 m - areia fina siltosa, cor variegada amarelo-creme; Terraços Fluviais; maciços, Aquífero livre, descontínuo;

- de 0,95 m a 1,45 m - silto-argiloso, cor rosa claro a rosa avermelhado; maciços, Formação Santa Maria Membro Alemoa; Aquiclude;

- de 1,45 m a 2,50 m - silto-argiloso, cor vermelho escuro; maciços, Formação Santa Maria Membro Alemoa; Aquiclude;

- de 2,50 m a 2,90 m - argila-siltosa, cor cinza claro; maciços, Formação Santa Maria Membro Alemoa; Aquiclude;

- de 2,90 m a 6,00 m - silte-argiloso, cor vermelho claro a escuro; maciços, Formação Santa Maria Membro Alemoa; Aquiclude.

As litologias areno-siltosas, apresentam cores variegadas, alaranjadas, creme a avermelhadas, são pertencentes aos Terraços Fluviais que ocorrem na camada superficial entre 0 e 1 metro de profundidade, apresentam porosidade e permeabilidade variável em função de teores de argila. Já, os materiais de composição silto-argilosos a argila-siltosa, conferem um caráter de Aquiclude, podendo apresentar elevada porosidade em torno de 50% (Heath, 1983), mas baixíssima permeabilidade, às formações superficiais situadas entre 1 metro até a base dos sete poços de monitoramento implantados. Não foram identificadas camadas de horizontes argilosos com matérias orgânicas (gleissolos) no perfil geológico.

De acordo com Giardin e Faccini (2004), na área em estudo ocorre a maior complexidade hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Guarani, não devendo-se assim considerar a porção investigada do SAG como uma única unidade hidrogeológica contínua. Desta forma, deve-se considerar a hidroestratigrafia e a compartimentação produzida pela tectônica.

Quanto à hidrografia em que esta inserida a área de estudo, conforme a SEMA (2008), a Bacia Hidrográfica onde se insere o reservatório é a (G-60) do Vacacaí e Vacacaí-Mirim e de acordo com o SIAGAS/CPRM (2008) a Bacia Hidrográfica Atlântico Sul-Sudeste e a Sub-bacia Hidrográfica 85-Rio Jacuí. Destaca-se que o reservatório esta situado na planície aluvial do rio Vacacaí - Mirim, distando em torno de 250 metros do mesmo. Com isso, tem-se na área em estudo uma importante avaliação da dinâmica do fluxo local das águas superficiais e subterrâneas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A construção dos poços de monitoramento baseou-se na Norma ABNT/NBR 13895/1997. Os poços são constituídos de um filtro, que tem a propriedade de impedir a penetração de algumas impurezas plásticas do poço. O filtro consiste em um tubo Geomecânico de diâmetro DN 100, suficiente para introdução do amostrador e para medição do nível da água, com ranhuras de 5 mm até a profundidade de seis (6) metros, preparado de acordo com a NBR 13604. O poço também contém pré-filtro, que ocupa o espaço anular entre o filtro e a parede de perfuração, constituído de brita fina de basalto entre aproximadamente 5,60m abaixo do nível do terreno até a sua base. Externamente são constituídos de uma proteção sanitária que tem a função de evitar que a água superficial contamine o poço através da infiltração pelo espaço anular, sendo esta o conjunto formado pelo selo sanitário (argamassa de cimento da extremidade superior do espaço anular) e pela laje de proteção (piso de cimento da extremidade superior do espaço anular com dimensões de 40cm x 40cm x 30 cm, construído com pequeno declive, ao redor da boca do poço). Na extremidade superior do tubo (boca do poço), existe um tampão removível que serve para evitar a penetração de substâncias indesejáveis, que podem alterar o resultado de análises. O tubo de revestimento sobressai ao nível do terreno para evitar a penetração de água superficial e de elementos estranhos no poço e é envolvido por uma caixa de proteção em alvenaria, com uma tampa na parte superior que permite o acesso ao poço.

As medições e coletas de campo tiveram início em outubro de 2006 e estenderam-se até setembro de 2007, totalizando um ano de monitoramento. Estas coletas visaram obter os valores naturais de alguns parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas no interior dos sete poços de monitoramento. Mensalmente foram mensurados o pH com sonda Horiba D-55. A temperatura da água e a concentração de oxigênio dissolvido foram avaliadas com sonda de cabo de 10 metros. As medições eram executadas do fundo para a superfície. Para avaliar o pH e a condutividade elétrica, bombeava-se água com auxílio de uma bomba PVC e acondicionava-se em frascos. Também, procurou-se medir em cada mês de monitoramento o nível da água em cada poço, com o objetivo de

se estabelecer o fluxo local da água subterrânea. Assim, com auxílio de um freatímetro sonoro tipo Jaciri com cabo de extensão de 100 metros, marcado de metro em metro e trena metálica de 5 metros, com escala em centímetro, fez-se a observação do nível estático de cada poço.

Estudos topográficos complementares realizados com Estação Total (Teodolito) obtiveram a cota altimétrica da boca do poço. Também obteve-se as coordenadas geográficas com uso de GPS Garmim Etrex, utilizando o sistema de coordenadas UTM. A superfície piezométrica foi obtida pela relação entre a cota da “boca” do poço e o nível da água. A direção do fluxo freático foi simulada com uso do Programa SURFER 8.0, o qual utilizando-se o interpolador krigagem, traçou-se as linhas equipotenciais, bem como a direção preferencial do fluxo da água subterrânea.

Para o presente artigo, procurou-se avaliar as ocorrências de variações sazonais do fluxo local da água subterrânea, através da análise de quatro (4) períodos, considerando-se um mês em cada estação do ano. Assim, construiu-se cartogramas de direção de fluxo dos meses de outubro de 2006 (primavera), janeiro de 2007 (verão), abril de 2007 (outono) e julho de 2007 (inverno).

4. RESULTADOS E DISCUÇÕES

4.1. Variação do nível estático

Quanto aos níveis estáticos dos poços, no mês de outubro de 2006 (primavera) verificou-se que a menor variação de nível ocorreu no poço P3 com 0,56m, enquanto que a maior ocorreu no poço P5 com 1,92m. A figura 3 mostra a faixa de variação dos valores de nível estático para o mês de outubro de 2006.

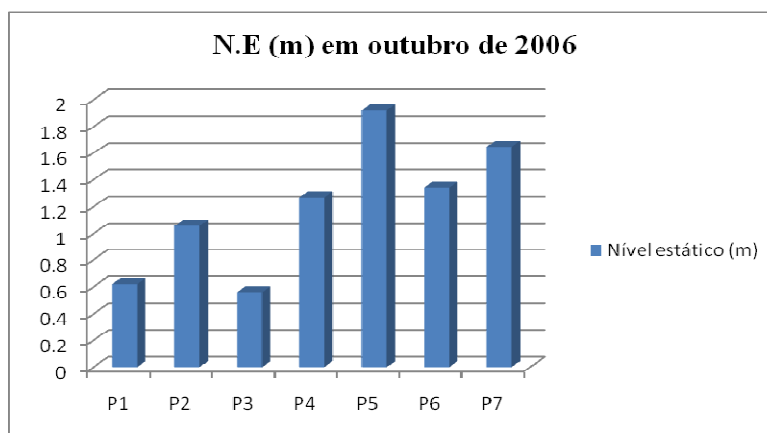


Figura 3 – Variação do nível estático nos 7 poços de monitoramento no mês de outubro de 2006.

No mês de janeiro de 2007 (verão), a faixa de variação dos valores de nível estático foi de 0,25m no poço P3 a 2,85m no poço P6. A figura 4 mostra a faixa de variação dos valores de nível estático para o mês de janeiro de 2007.

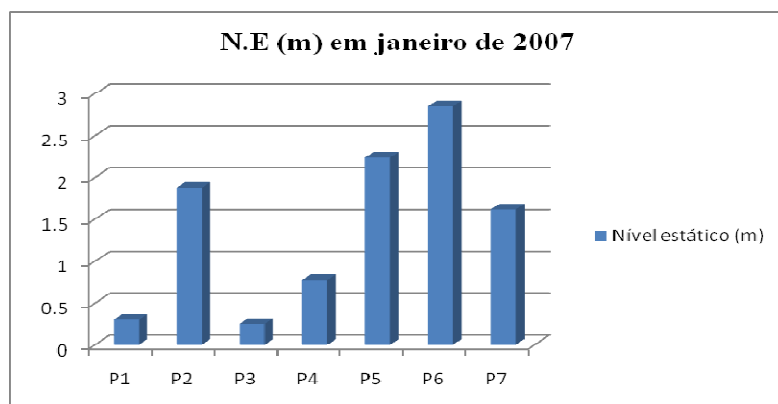


Figura 4 – Variação do nível estático nos 7 poços de monitoramento no mês de janeiro de 2007.

No mês de abril de 2007 (outono), a faixa de variação dos valores de nível estático foi de 0,50m no poço P1 a 2,86m no poço P6. A figura 5 mostra a faixa de variação dos valores de nível estático para o mês de abril de 2007.

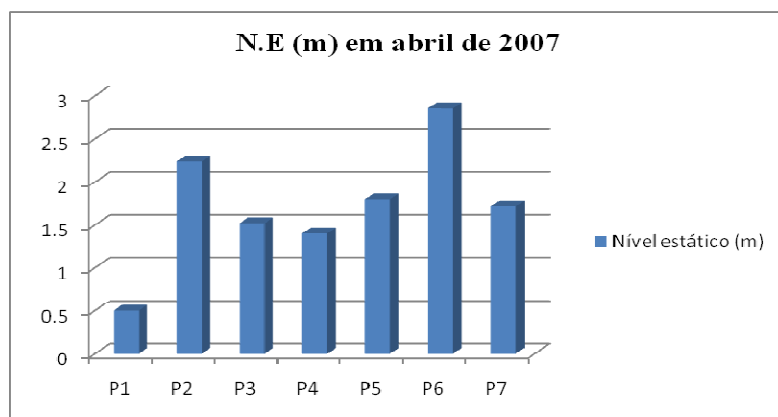


Figura 5 – Variação do nível estático nos 7 poços de monitoramento no mês de abril de 2007.

No mês de julho de 2007 (inverno), a faixa de variação dos valores de nível estático foi de 0,86m no poço P1 a 3,00m no poço P6. A figura 6 mostra a faixa de variação dos valores de nível estático para o mês de julho de 2007.

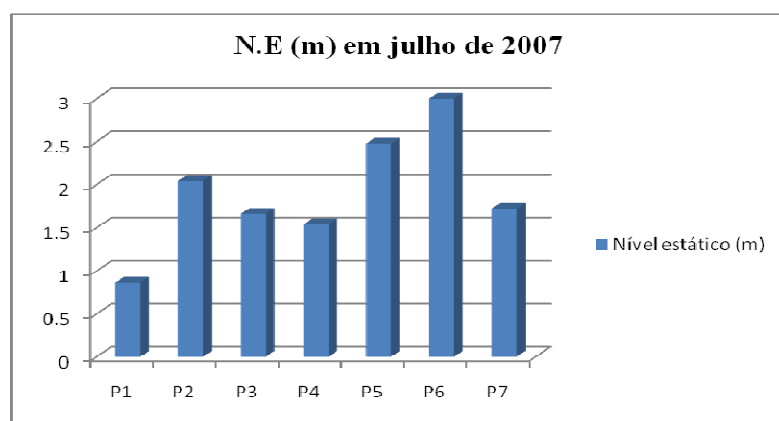


Figura 6 – Variação do nível estático nos 7 poços de monitoramento no mês de julho de 2007.

Comparando-se as quatro avaliações, notou-se que no poço P6 ocorreram as maiores faixas de variação de nível estático, com exceção do mês de outubro de 2006, onde o nível no poço P5 apresentou o maior valor (1,92m). Por outro lado os poços P1 e P3 apresentaram as menores faixas de variação de nível estático. Esta avaliação indicou que ocorrem variações de nível estático quando bombeados, indicando ser uma área de recarga direta do aquífero através das precipitações pluviométricas. Percebeu-se que houve predominância, para quase a totalidade dos poços, dos níveis mais altos (menores valores de nível) no mês de janeiro de 2007 (verão) e os mais baixos (maiores valores de nível) em julho de 2007 (inverno).

4.2. Direção de fluxo da água subterrânea

O sentido do fluxo subterrâneo é um dos parâmetros mais importantes na avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas. Obteve-se o sentido do fluxo através da determinação da superfície potenciométrica de cada poço de monitoramento, medindo-se os níveis de água dos poços e correlacionando-os com as cotas altimétricas acima do nível do mar (Porto de Ibituba/SC).

As cotas altimétricas tomadas com teodolito na “boca” de cada poço aparecem na tabela 1:

Tabela 1 – Cotas altimétricas dos poços de monitoramento.

Poço	Cota altimétrica (m)
P1	100,53
P2	99,50
P3	99,96
P4	99,86
P5	99,73
P6	99,98
P7	99,62

Observando-se as cotas altimétricas, observa-se uma variação de 99,50m a 100,53m.

No presente trabalho, buscou-se avaliar variações sazonais no fluxo da água subterrânea, através da análise de quatro meses, sendo um em cada estação do ano.

Desta forma, para o mês de outubro de 2006 (primavera), obteve-se a seguinte conformação (Figura 7):

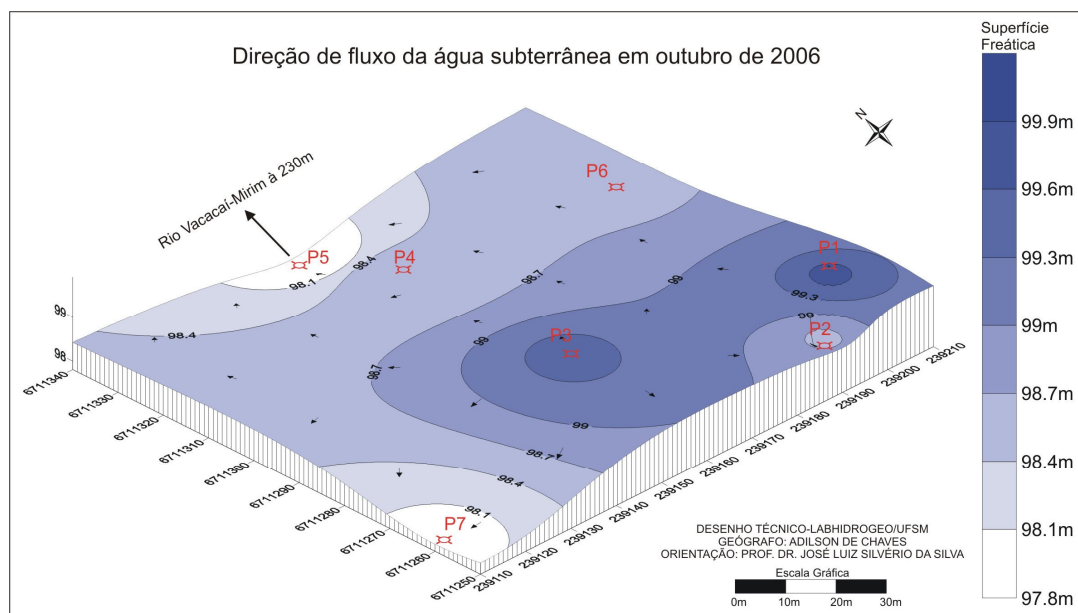


Figura 7 – Espacialização do fluxo da água subterrânea em outubro de 2006.

Como observado, a direção do fluxo subterrâneo apresenta-se direcionada em sua maior parte de Sul para Norte, seguindo de maneira geral com o declive do terreno, em direção ao Rio Vacacaí-Mirim. Assim, o sentido de escoamento da água em subsuperfície ocorre acompanhando a declividade máxima do terreno, isto é, ortogonal às linhas equipotenciais. Supõe-se que em parte esta direção preferencial da água subterrânea, alimenta o fluxo de base do Rio Vacacaí-Mirim, que dista aproximadamente 250 metros do empreendimento onde estão locados os poços de monitoramento.

Observa-se na Figura 7, que existem altos potenciométricos nos Poços P1 e P3, direcionando os fluxos subterrâneos principalmente na direção Norte, Noroeste e Oeste. Também ocorrem fluxos secundários a partir do poço P3 para Sul, Sudoeste em direção ao P7 e Sudeste em direção ao P2, que se apresentam como depressões potenciométricas.

Para o mês de janeiro de 2007 (verão), obteve-se a seguinte conformação (Figura 8):

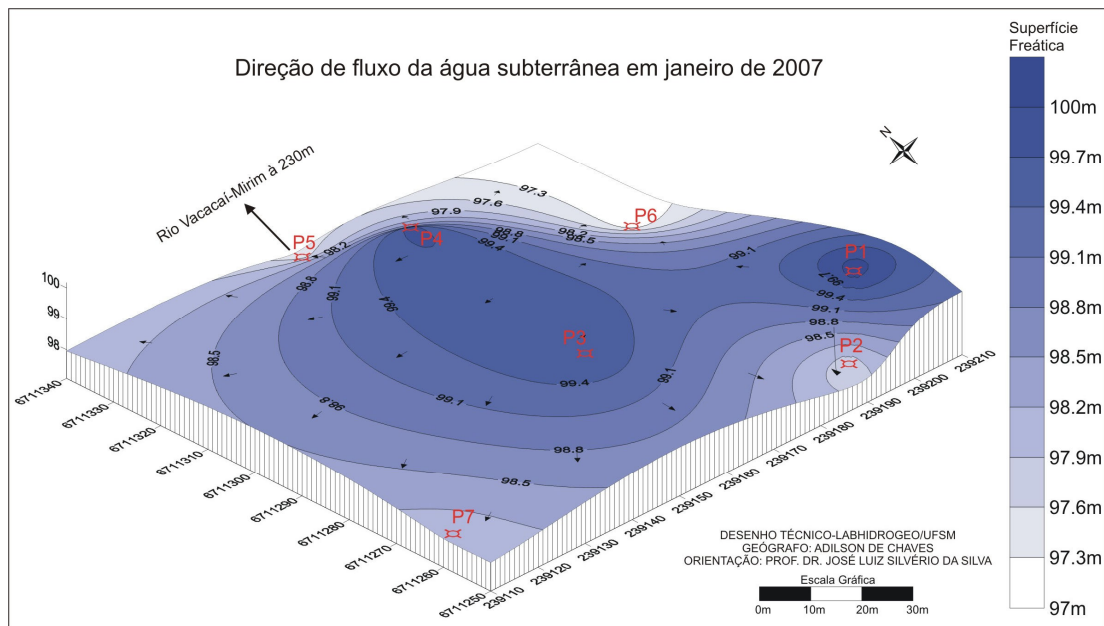


Figura 8 – Espacialização do fluxo da água subterrânea em janeiro de 2007.

Observam-se três (3) altos potenciométricos, sendo eles o poço P1, o poço P3 e o poço P4. Entre os poços P3 e P4, forma-se um divisor de águas subterrâneas, o qual direciona o fluxo divergindo para diferentes direções. Semelhantemente ao mês de outubro de 2006, o poço P2 apresenta-se como uma depressão potenciométrica sendo um ponto convergente do fluxo subterrâneo. Nota-se também, uma faixa de depressão potenciométrica localizada no extremo Nordeste do cartograma, onde esta locado o poço P6. Verificou-se também, um fluxo em direção ao Rio Vacacaí-Mirim, assim como no mês anterior.

Para o mês de abril de 2007 (outono), obteve-se a seguinte conformação (Figura 9):

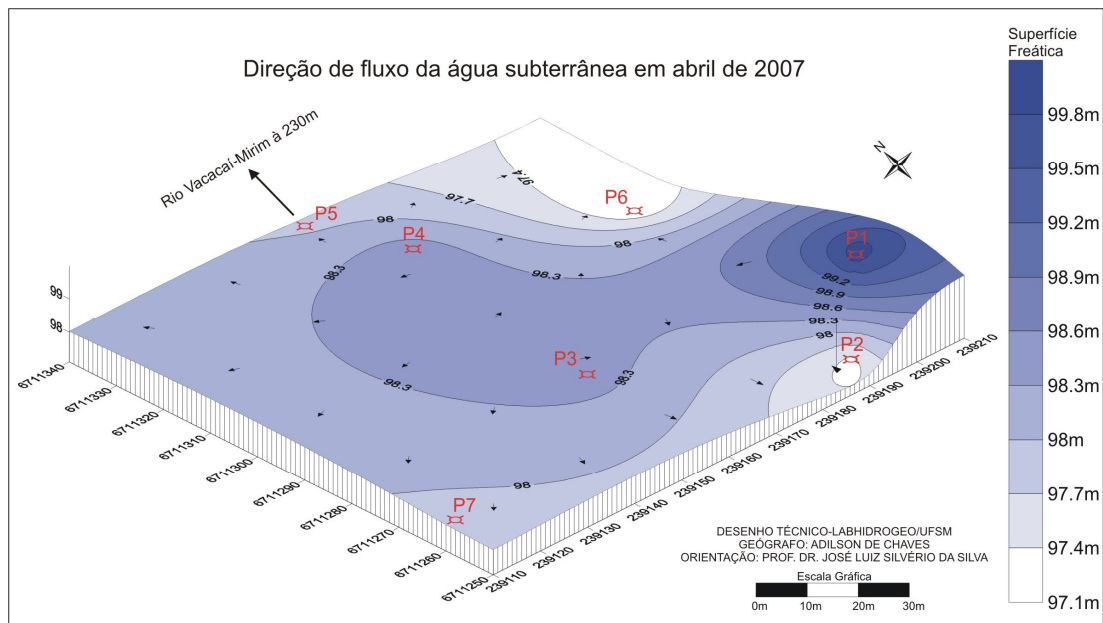


Figura 9 – Espacialização do fluxo da água subterrânea em abril de 2007.

Percebe-se um alto potenciométrico no poço P1 que direciona o fluxo para a depressão potenciométrica encontrada novamente no poço P2 e em direções Noroeste e Nordeste, onde há uma faixa de depressão potenciométrica próxima ao poço P6. Nota-se também a existência de fluxo em direção ao Rio Vacacaí-Mirim. Nota-se também, fluxo na direção Sul a partir do poço 3, que se apresenta como um alto potenciométrico.

Para o mês de julho de 2007 (inverno), obteve-se a seguinte conformação (Figura 10):

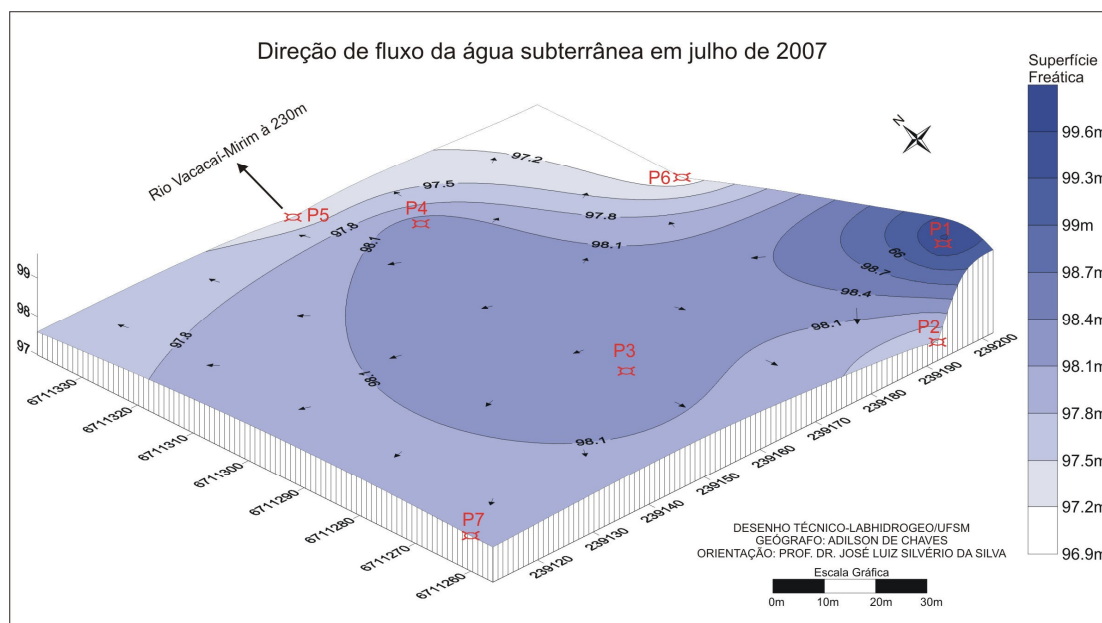


Figura 10 – Espacialização do fluxo da água subterrânea em julho de 2007.

Novamente um alto potenciométrico aparece no poço P1, direcionando o fluxo para o poço P2, que aparece como uma depressão potenciométrica. Entre os poços P3 e P4 percebe-se a existência de uma faixa de alto potenciométrico, que direciona principalmente para Nordeste onde há uma depressão potenciométrica com um alto gradiente de fluxo. Percebe-se como nos meses anteriores uma contribuição significativa para o fluxo de base do Rio Vacacaí-Mirim.

Em todos os quatro (4) períodos avaliados notou-se que o poço P2 apresentou-se como uma depressão potenciométrica. Uma consideração importante a ser realizada é que este poço dista 6,50 metros do poço P1, o qual em todo o período simulado apresentou-se como um alto potenciométrico obtendo os maiores valores de superfície freática. Este fato é explicado pela existência de um dreno formado por um corte no terreno próximo ao local onde situa-se a rede férrea. Este dreno impede que o poço P2 aumente seu nível quando em períodos de recarga do aquífero, tornando-o uma depressão potenciométrica, mesmo estando a poucos metros do poço P1 que invariavelmente apresentou-se como um alto potenciométrico. A Figura 11 ilustra a localização dos poços P1 e P2, bem como, o dreno formado pelo corte no terreno entre o P2 e a estrada férrea.



Figura 11 – Corte no terreno que serve como dreno tornando o poço P2 uma depressão potenciométrica.

5. CONCLUSÕES

O Laboratório de Hidrogeologia (LABHIDROGEO/UFSM), vem desenvolvendo uma série de estudos no município de Santa Maria/RS, visando ampliar os conhecimentos sobre as potencialidades, a qualidade e a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos. Tendo em vista que o município de Santa Maria esta locado em uma porção complexa do Sistema Aquífero Guarani, fazem-se necessários estudos individualizados que contemplem as heterogeneidades faciológicas e hidroestratigráficas. Assim, o presente trabalho teve relevância no momento em que se procurou investigar o fluxo subterrâneo individualizando-se o Aquicludo do Membro Alemoa da Formação Santa Maria, determinado por suas litologias predominantemente pelíticas, interpretadas como finos de planícies de inundação contendo horizontes de paleossolos (Giardin e Faccini, 2004).

Evidenciou-se que ocorreram variações de nível da água nos sete poços de monitoramento avaliados, indicando estarem situados em área de recarga direta a partir das precipitações para o Sistema Aquífero Guarani/SAG, constituído no local pelo Aquicludo da Formação Santa Maria Membro Alemoa. A comparação das superfícies piezométricas obtidas notou-se a existência de altos potenciométricos nos poços P1 e P3. Também, evidenciou-se que a área de depressão potenciométrica localizada no poço P2, é explicada pela existência de um dreno formado por um corte no terreno. A principal observação indica que em caso de vazamento de combustíveis os fluxos subterrâneos mostram que o Rio Vacacaí-Mirim será afetado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq/ CTHidro Brasil pela bolsa de estudo concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 13604: **Dispõe sobre tubos de PVC para poços tubulares profundos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 13895: **Construção de poços de monitoramento e amostragem**. Rio de Janeiro, 1997. 21p.

CARRARO, C. C.; Gamermann, N.; Eick, N. C., 1974. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 16 de abril. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução nº 357 de 13 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água... Substitui a Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo Brasília, DF, 2005.

FACHIN, E. F. **Avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos em Santa Maria/ RS**. 2005. 91 p. Monografia (Especialização em Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

GIARDIN, A. e Faccini, U., 2004 – **Complexidade hidroestratigráfica e estrutural do sistema aquífero Guarani: abordagem metodológica aplicada ao exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil**. Brasil. Revista da ABAS, ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Nº18, p. 39.

HEATH, R. C. **Hidrologia básica de águas subterrâneas**. Denver: 1983. 86 p. USGS Paper nº20. Wrege, M. e Potter, P. (Trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.

MACIEL FILHO. et al., 1990. **Mapa Geológico da Folha de Camobi**, escala 1:50.000, SH.22-V-C-IV-2, UFSM, impresso.

MACIEL FILHO, C. L., 1997. **Introdução à geologia de engenharia**. Santa Maria: UFSM e CPRM.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em 16 abril. 2008.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. **Estudo dos processos de silicificação e calcificação em Rochas sedimentares Mesozóicas do Estado do Rio Grande do Sul**. 1997. 156 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.siagas.cprm.gov.br>>. Acesso em: 16 de abril. 2008.