



Comportamento do nível da água subterrânea em sub-bacia representativa em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani.

Cristiane Dambrós, cristianedambros@gmail.com; Mestranda PPGE/UFMS.
José Luiz Silvério da Silva, silverioufsm@gmail.com; Prof. Dr. Associado III, Geociências/UFMS.

Abstract

The need for studies not only groundwater but also surface water resources are needed to develop management plans. According to Brazilian Law No. 9984/2000, "do not manage what you do not know." The paper presents results on the influence of the media agents that influence the variation of groundwater level by monitoring the static level of the saturated zone in the sub-basin, located in the municipality of Rosário do Sul, Rio Grande do Sul state, southern Brazil. The outcrops were considered the recharge area of Guarani Aquifer System - GAS. Results were recorded in (04) dataloggers automated installed in the monitoring wells in intergranular aquifer, unconfined. The data were processed the data applying the method of the water table fluctuation (WTF), and using geo-statistical analysis. This study provides estimates of recharge performed as well as support future decision-making.

Key-words: Monitoring; WTF; unconfined; GAS.

INTRODUÇÃO

A configuração dos elementos operacionais, também compreendidos pelas esferas de entendimento que constituem o planeta Terra, propostas por Rebouças (2004), sendo a Litosfera, a Hidrosfera a Atmosfera e a Biosfera, compreendidas como sujeitos de mudanças ambientais que ocorrem de forma globalizada. Já Fortescue (1980) incluiu em seu conceito de Prisma de Paisagem ainda os fluxos na Geoquímica da Paisagem incluindo uma zona onde interagem os elementos da Atmosfera, da Litosfera, da Biosfera e da Hidrosfera: constituindo a Pedosfera. Portanto, as interações que ocorrem entre estes elementos, constituem as feições visíveis e invisíveis que ocorrem no espaço geográfico.

Estes elementos de modo integrado propiciam a formação dos aquíferos em camadas constituídas por solos ou rochas, que refletem sua capacidade produtiva, meios e possibilidades de gerenciamento deste recurso. A necessidade do conhecimento/monitoramento e gestão dos recursos está representada em pesquisas, como por exemplo, Barreto (2006), Wendland et al. (2007) Barreto et al. (2009) e Silvério da Silva et al. (2009) que tratam do conhecimento dos balanços hídricos subterrâneos em zona de afloramentos do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em Bacias Representativas.

Considerando que a Moção nº. 38 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos recomenda a adoção do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas/SIAGAS pelos órgãos gestores e os usuários de informações hidrogeológicas. Porém no SIAGAS existe informação apenas do nível estático da água subterrânea quando da perfuração do poço tubular, o que dificulta a execução de estudos de flutuação de nível da água.

Estudos realizados no SAG por Silvério da Silva et al. (2006) e (2007), na fronteira entre Brasil/Uruguai, especificamente nos municípios de Santana do Livramento e Quaraí no Brasil e nas intendências de Rivera e Artigas no Uruguai. Utilizaram poços de abastecimento do Departamento de Águas e Esgotos/DAE, da Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN e da *Obras Sanitárias del Estado/OSE*, os quais realizavam bombeamentos contínuos de duração entre 16 e 24 horas. O que impossibilitava a obtenção do nível estático o qual poderia indicar a existência de sobre-exploração.

Ainda no PSAG (2009) os níveis estáticos dos poços foram considerados aqueles das perfurações não tendo sido utilizados novas medições de níveis nos poços. Ainda deve-se acrescentar que no lado brasileiro a maioria dos poços naquele período ainda não estava outorgada pelo órgão gestor e, portanto não apresentavam tubo lateral ou guia NBR/ABNT 12.212/2006 para medição de nível introduzindo-se freatímetro sonoro.



Ainda merece ser mencionado que a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais/CPRM, Serviço Geológico do Brasil vem perfurando poços de monitoramento nos principais aquíferos do Brasil (através do Projeto de “Implantação de rede básica nacional de monitoramento integrado das águas subterrâneas” (CPRM, 2011)).

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – BHRSM, onde esta sendo desenvolvido o Projeto Integração dos Instrumentos de Outorga, Enquadramento e Cobrança para a Gestão das Águas Subterrâneas, o qual é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor deste artigo. A Figura 1 ilustra a área de estudos inserida na BHRSM.

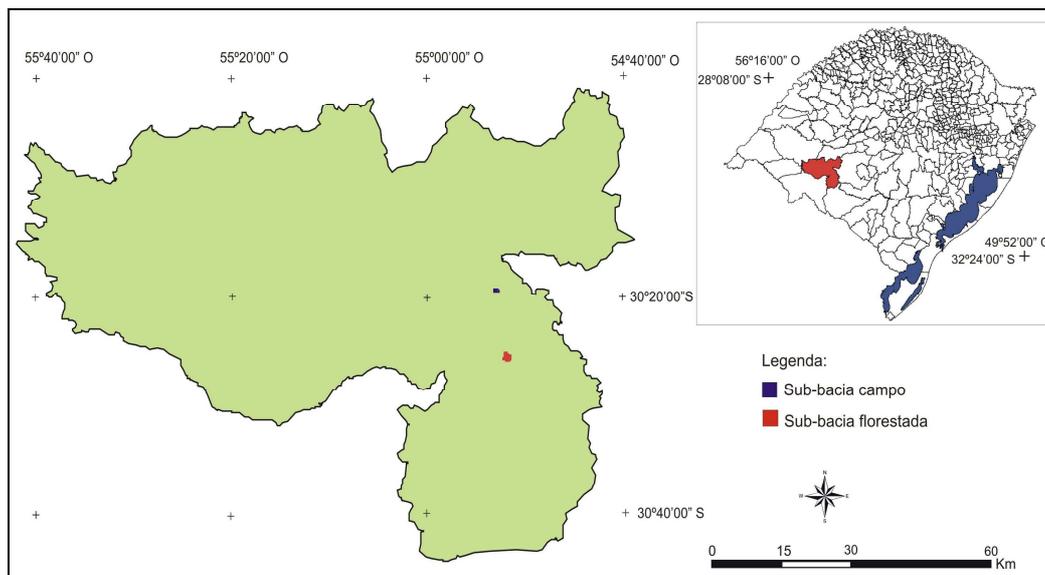


Figura 1: Localização da área de estudo inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria.
Fonte: Dambrós, C.

Ilustra-se na Figura 2, a perfuração de poço de monitoramento na localidade de Azevedo Sodré no Município de São Gabriel de coordenadas 21J 727236mE e 6665330 mN, com profundidade total de 70m e N.E. =11m, pertencente a CPRM, o qual insere-se na BHRSM. De acordo com informação verbal do Geólogo Marcelo Gofermann (2010)/CPRM estão sendo perfurados poços de monitoramento de nível no SAG nos Municípios de Santana do Livramento (02), Rosário do Sul (01) e São Gabriel (02 poços) informação verbal A Figura 01 mostra o modelo de construção do poço de Monitoramento na BHRSM.



Figura 2: Poço tubular de Azevedo Sodré/São Gabriel/CPRM (2010).



Fonte: Silvério da Silva. (Abril/2010).

Assim a gestão dos recursos hídricos subterrâneos surge da necessidade de se utilizar este recurso adequadamente, ainda que tenha muito a ser conhecido.

Pesquisas iniciadas por Silvério da Silva et al. (2009) buscaram identificar a flutuação do nível da água subterrânea em poços de monitoramento comparando bacias representativas em áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani/SAG, no Bioma Pampa. Estudos iniciados com uso de registradores automáticos de nível de água estão comparando bacias representativas com uso pecuário (25 ha de extensão) e de florestamento de eucaliptos (84ha), porém neste trabalho, será discutido apenas o comportamento dos poços localizados na sub-bacia florestada com eucaliptos (Figura 3).

A Figura 3 ilustra o modelo de construção do poço 2, monitorado com medidor automático desde abril de 2009, juntamente com mais outros três poços inseridos na mesma bacia (84ha).



Figura 3: Poço de monitoramento em Rosário do Sul, área florestada com eucaliptos.
Fonte: Silvério da Silva et. al. (2009).

A BHRSM encontra-se distribuída em parte de três Províncias Geomorfológicas sobre o Escudo Uruguaio Sul-Rio-Grandense, composto por rochas cristalinas antigas, sobre a Depressão Central ou Periférica, formada por rochas sedimentares de idade variável Permo-Triássicas à Quaternário e o Planalto constituído por rochas vulcânicas (ácidas e básicas). Também está bacia hidrográfica tem suas reservas de águas subterrâneas como parte integrante da zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani – SAG. O SAG que ocupa parte da Argentina (225.500 km²), Paraguai (71.700 km²), Uruguai (58.500 km²) e Brasil (840.000 km² - RS, SC, PR, SP, MT, MS, MG, GO), perfazendo um total de 1.200.000 Km². Araújo et al. (1995,1999), (PSAG, 2009).

Por outro lado, citam-se as estimativas de Ronen et al. (2000 e 2005) para o aquífero livre Coastal Plain em Israel relataram a importância da interface entre a zona vadosa e a zona saturada definindo a (Saturated and Unsaturated Interface Region/SUIR) a qual apresentou uma espessura estimada em torno de 3m. Estes autores, ainda calcularam o tempo de residência da recarga nesta zona o qual poderia ser superior a cinco anos.

Assim, surgiram as inquietações a respeito de como se estão utilizando os recursos naturais disponíveis, em destaque os recursos hídricos, principalmente quanto ao uso sustentável. Estas análises tornam-se pertinentes, quando observados dados expostos por Camargo et al. (2004): o abastecimento humano cresce nove vezes, pois as reservas de água mundial em 1950 disponibilizavam 16,8mil m³ para cada pessoa. Em 2004, esta quantidade alcançou 7,3mil m³ por pessoa. Desta maneira pode-se prever que nos próximos 25 anos (2029) a quantidade de água destinada, por pessoa, estará reduzida para 4,8mil m³.

Na procura de uma solução, pesquisadores defendem que a gestão é uma ferramenta eficaz no combate e na minimização de conflitos ocasionados pelo uso dos recursos hídricos, bem como o seu gerenciamento visando à sua conservação. Esta ideia tem sua defesa atribuída a sua importância na construção de uma eficaz preservação dos elementos colocados por REBOUÇAS (2004).



Deve-se lembrar que existem distintas linhas de pensamento com relação ao uso de florestamento com eucaliptos em extensas áreas. Este cultivo apresenta segundo alguns pesquisadores como um grande consumidor de recurso hídrico. No estado do Rio Grande do Sul, os projetos de florestamento com eucaliptos ocuparam inicialmente solos oriundos da intemperização de rochas cristalinas (granitóides), pertencentes a Província do Escudo, Sub-província Cristalina e também na Províncias Basálticas (Vulcânica) (HAUSMAN, 1995). De acordo com este autor a precipitação média anual na área situa-se entre 1400 a 1600 mm/ano, considerando o tipo climático sub-tropical Cfh, com invernos moderados, seguindo a classificação de Köppen.

Mais recentemente diversos projetos de florestamento de eucaliptos obtiveram licenciamentos ambientais da FEPAM para serem implantados em terrenos de constituição arenosa. Esses terrenos sedimentares constituem preferencialmente áreas de afloramento e/ou recarga do SAG. Deve-se ainda lembrar que grande parte das áreas aflorantes do SAG no Departamento de Rivera são florestados com eucaliptos (SILVÉRIO DA SILVA et al., 2009).

A discussão da presença de um trabalho interdisciplinar se deve a complexidade e a dinâmica dos elementos constituintes do sistema planeta Terra e este deve ser considerando os instrumentos tecnológicos e de gestão disponíveis, embora requeira a consideração de outros fatores (econômicos, sociais, ambientais, culturais, políticos). O entrelaçamento do conhecimento multidisciplinar é que permitirá o gerenciamento integrado. (COSTA, 2003).

Deve-se levar em consideração na construção de uma gestão que as águas superficiais estão mais vulneráveis à contaminação, pois muitos apostam em uma alternativa estratégica, as águas subterrâneas. Estas, por sua vez, por não estarem em contato direto com as atividades de superfície se apresentam mais protegidas de patógenos e contaminantes, porém a falta de informações e manejo inadequado pode atingir níveis de contaminação preocupantes e, isto, se justifica ao se interpretar a nova Lei das Águas, Lei Federal 9.433, ao apresentar de forma sucinta e sem estimular métodos de aproveitamento racional das águas subterrâneas (SENRA e HAGER, 2003).

Concordante com Tundisi (2005), os recursos hídricos, são alvos de problemas de degradação intensa em todo o mundo. O crescimento populacional tende a aumentar os conflitos, a diversificação e a intensificação do uso que se faz deste recurso. Por outro lado, o não planejamento e gerenciamento deste recurso aliado a ineficiência política agrava, cada vez mais, a situação, quer sobre a construção de novas idéias, quer sobre a reflexão adequada referente as questões que envolvem a gestão das águas subterrâneas.

Diante deste cenário, visualizam-se possibilidades de ações que permitem protagonizar estudos referentes a uma das formas pela qual é possível de se encontrar água em nosso Planeta, o sistema de águas subterrâneas. Por outro lado, as pesquisas, as ações e os estudos desenvolvidos tornam a sociedade, de hoje, responsável pela transmissão dos conhecimentos e da preservação dos recursos, em especial os hídricos subterrâneos. Encontrar caminhos sustentáveis e formas menos impactantes no uso, além dos meios de conservação destes recursos é uma responsabilidade de toda a sociedade civil, dos comitês de bacias e dos órgãos gestores.

METODOLOGIA

As metodologias são ferramentas mentais que criamos – e eventualmente recriamos influenciados pelas dinâmicas que nos condicionam e instigam a pesquisa – para melhor compreender, interagir e modificar nossas experiências no mundo real (PÁDUA, 2004).

Assim, fundamentou-se este trabalho nas discussões da Hidrogeologia Clássica (Feitosa et al., 2008), e na metodologia quantitativa, além de recorrer à abordagem sistêmica, como instrumento de auxílio a compreensão dos fenômenos estudados, na qual suas interações conferem a organização interna ao sistema (Christofolletti, 1988). Considerando as áreas de estudo um sistema, os dados obtidos foram investigados e correlacionados segundo os procedimentos técnicos propostos, para assim compreender os fenômenos e realizar correta interpretação dos resultados.

O estudo detalhado do comportamento da sub-bacia investigada, que se localizadas no município de Rosário do Sul e, que faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. O emprego desses procedimentos permitirá melhor determinar e atualizar o banco de dados que armazena as informações



processadas. Estas informações serão apresentadas em forma de tabelas, gráficos e mapas, auxiliando nas tomadas de decisões quanto à gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

O período em análise neste trabalho concentra-se nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2010. O monitoramento é realizado por medidores automáticos *levellogger* e *barologger* da Solinst®, estes registram dados de nível de água pressão, em intervalos de 60 minutos, os quais são transferidos por cabo óptico e *software* específico ao um *notebook*. O nível do lençol freático é determinado pela subtração dos dados dos dois medidores automáticos e ainda deve-se subtrair o comprimento do cabo que permanece em determinado comprimento dentro do poço de monitoramento.

A determinação da variação do nível freático, possibilita estimar o índice de recarga através do método de flutuação do lençol freático - Water Table Fluctuation (WTF), este método pode ser aplicado para estimar as razões de recarga, quando os níveis de água mostram uma resposta rápida aos eventos de precipitação em áreas individuais de uma zona vadosa relativamente fina. (Healy e Cook, 2002). Assim, este método é determinado pela Equação 1:

$$R = S_y \frac{dh}{dt} = S_y \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1)$$

onde:

S_y = é o armazenamento específico;

h = é a altura do lençol freático;

t = é o tempo avaliado.

Para Scanlon, Healy e Cook (2002) o método da flutuação do lençol freático (WTF) esta baseado na premissa que a elevação dos níveis da água subterrânea em aquíferos livres é devido à chegada da água de recarga ao lençol freático.

Para obtenção dos resultados na pesquisa é necessária a aplicação de técnicas, para tanto algumas características da área em estudo se fazem necessárias ao tratamento dos dados, interpretação correta dos resultados obtidos. Estas se referem à coleta de informações sobre as características físicas, juntamente com os dados coletados através dos medidores automáticos.

A sub-bacia hidrográfica, em análise, está situada em área de abrangência do Bioma Pampa (vegetação rasteira), porém modificada pela inserção do florestamento de eucaliptos. Nesta área foram perfurados no primeiro semestre de 2009, quatro poços (Figura 4) seguindo as Normas técnicas da ABNT, NBRs 12.212/2006, 12.244/2006 e 15495-1/2007, para realizar o monitoramento da flutuação do nível freático e posteriormente identificar seu comportamento quanto ao uso do solo.

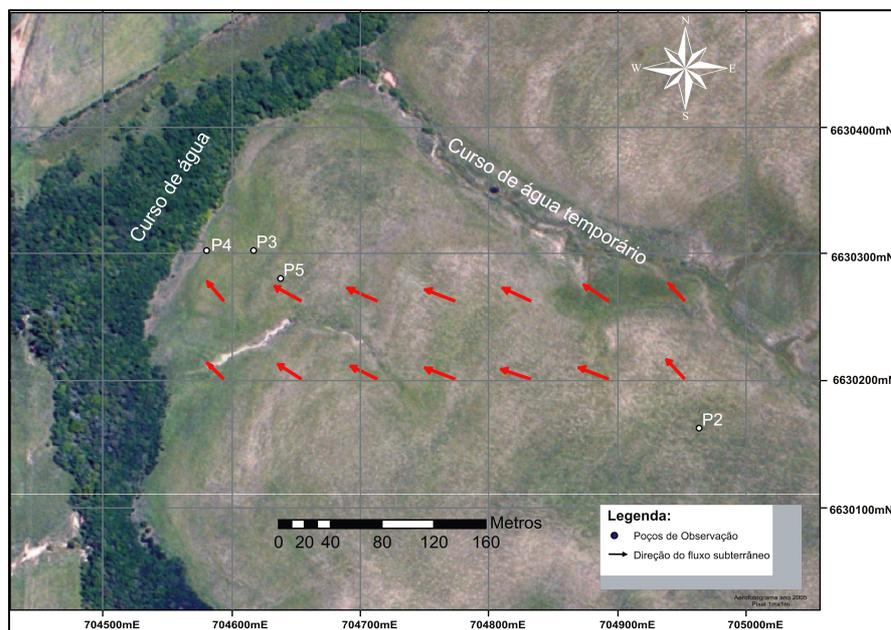


Figura 4: Localização dos poços de monitoramento em vista anterior ao florestamento com eucaliptos e direção de fluxo indicado pelos vetores de cor vermelha.
Fonte: LABHIDROGEO/UFSM, 2009.

Os dados cartográficos foram obtidos com uso GPS Garmin Etrex sendo utilizado o Datum horizontal SAD 69 e o Datum vertical o Porto de Imbituba/SC. Ainda utilizou-se o posicionamento através de Carta Topográfica do exercito brasileiro, Folha SH.21-Z-B-II-3 MI 2980/3, Rosário do Sul acrescidos as constantes: Projeção UTM, origem da quilometragem UTM "Equador e Meridiano 57.

Utilizaram-se estatísticas não paramétricas, uma vez que o numero de poços de monitoramento é bastante reduzido. Desta forma procedeu-se o teste de correlação por postos de Spearman (SIEGEL, 1975).

As amostras de calha coletadas durante a perfuração dos poços foram descritas e realizadas análises granulométricas, separando-as em frações (areia, silte e argila). Estas serviram para a determinação do armazenamento específico.

DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

De posse das informações obtidas pelos medidores automáticos, verificou-se o comportamento do nível do lençol freático, durante um período de três meses (Janeiro, Fevereiro e Março de 2010). De modo geral, observou-se que houve uma variação máxima de 1,52 metros no nível da água subterrânea.

No Quadro 1, identificam-se as cotas máximas de recarga e máximas de descarga e a variação entre as cotas, todas expressas na unidade de medida: metros.

Quadro 1: Cotas de variação nos poços no período de avaliação (Jan./Fev./Mar, 2010).

Poços	Cota altimétrica (m)	Máximo de recarga (m)	Máximo de descarga (m)	Varição (m)
2	155	7,92	9,25	1,33
3	132	2,53	2,92	0,39
4	130	3,48	4,56	1,08
5	135	3,12	4,64	1,52



Observou-se que os valores máximos de flutuação do nível da água subterrânea avaliados pelos registradores automáticos localizaram-se nos Poços 5 e 2, ambos inseridos no interior da área florestada e ainda apresentando cotas mais elevadas. Esta observação sugere que os eucaliptos possam estar contribuindo para uma maior infiltração de água de precipitação pluviométrica para os aquíferos porosos.

Observando a Figura 5, o Poço 2 manteve-se com variações perceptíveis durante o período de análise, comparado com o Quadro 1, a variação entre as cotas de máxima recarga e máxima descarga obteve a segunda maior variação em relação aos demais poços. Ainda salienta-se que este poço está em uma cota altimétrica (155 metros) superior aos demais, além de estar localizado no interior da área florestada com cerca de três anos, atualmente (Figura 6).

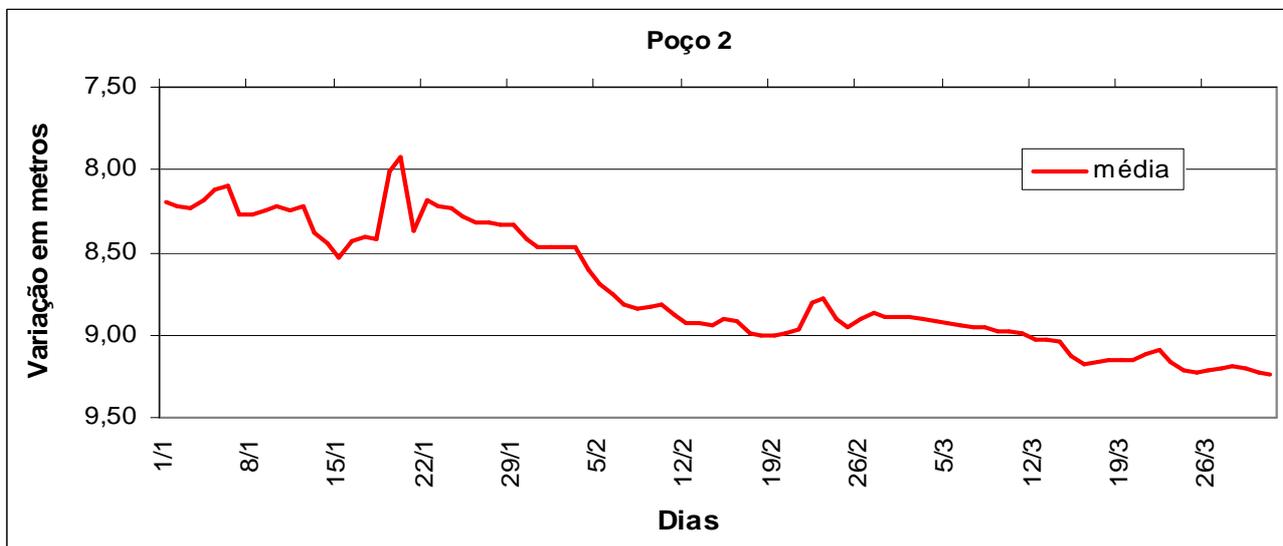


Figura 5: Variação do nível freático no período em análise no poço 2.

Também na Figura 5, verificou-se que o poço 2 apresentou uma variação de aproximadamente 1,3 metros, na flutuação do nível freático no período avaliado. Porém, durante todo o período a linha de variação manteve-se instável, ou seja, o nível do lençol freático manteve-se em movimento por todo o período de análise, esta característica também esteve presente no poço 3, Figura 7. Destaca-se que o poço 2 está localizado no interior da floresta de eucaliptos enquanto que o poço 3, localiza-se no limite entre a área floresta e a área de campo com gramíneas.



Figura 6: Ilustração do Poço de monitoramento 2.

O poço 3, ilustrado na Figura 8, está a 132 metros e localizado no limite entre a área florestada com a área de campo (vegetação característica do Bioma Pampa, considerada Área de Preservação Permanente – APP (Código Florestas Lei nº 1965)). Na Figura 7 é possível observar a variação do nível freático, que mesmo apresentado alguns picos de recarga, tem a menor variação entre a cota máxima de recarga e máxima de descarga, 0,39 metros de variação.

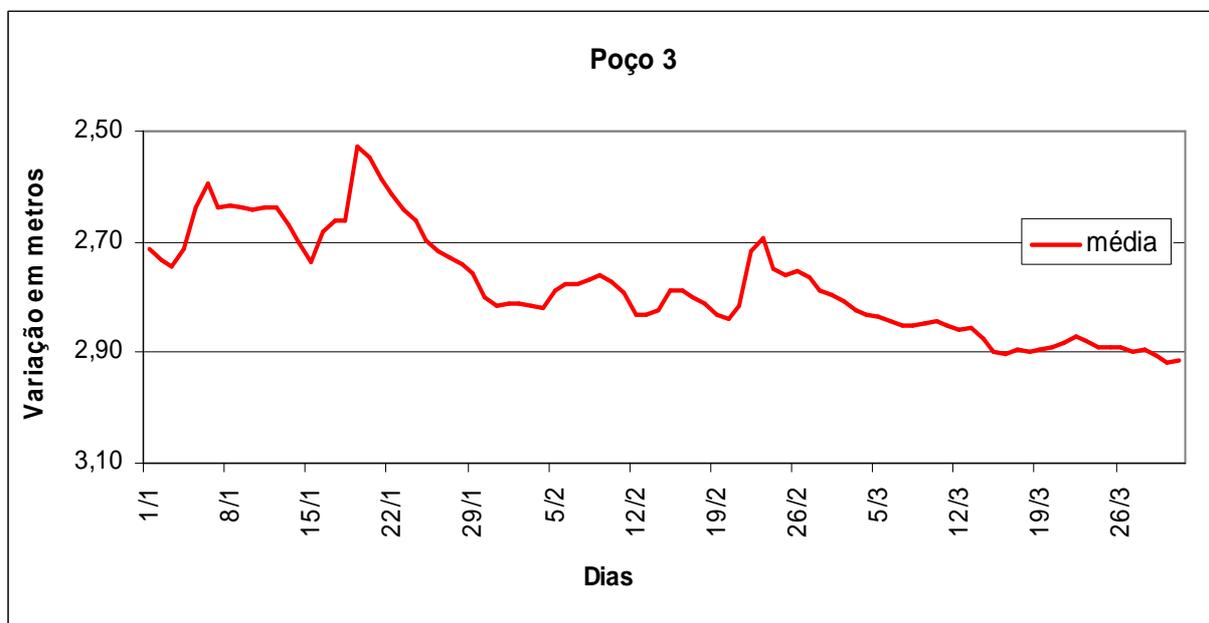


Figura 7: Variação do nível freático no período em análise no poço 3.



Figura 8 e 9: Ilustração dos poços de monitoramento 3 e 4, respectivamente, ocupando diferentes posições na paisagem.

Verifica-se as informações representadas nas Figuras 9 e 10, é possível observar que o poço 4 está localizado em área de vegetação nativa, a uma cota altimétrica de 130 metros e sendo o poço mais próximo do curso de água perene, a aproximadamente 16 metros. Identifica-se também que a Figura 10 tem algumas semelhanças com a Figura 11 nos trechos ilustrados no períodos de 22/01/2010 a 05/02/2010 e ainda no período avaliado em março o qual apresentou uma maior linearidade.

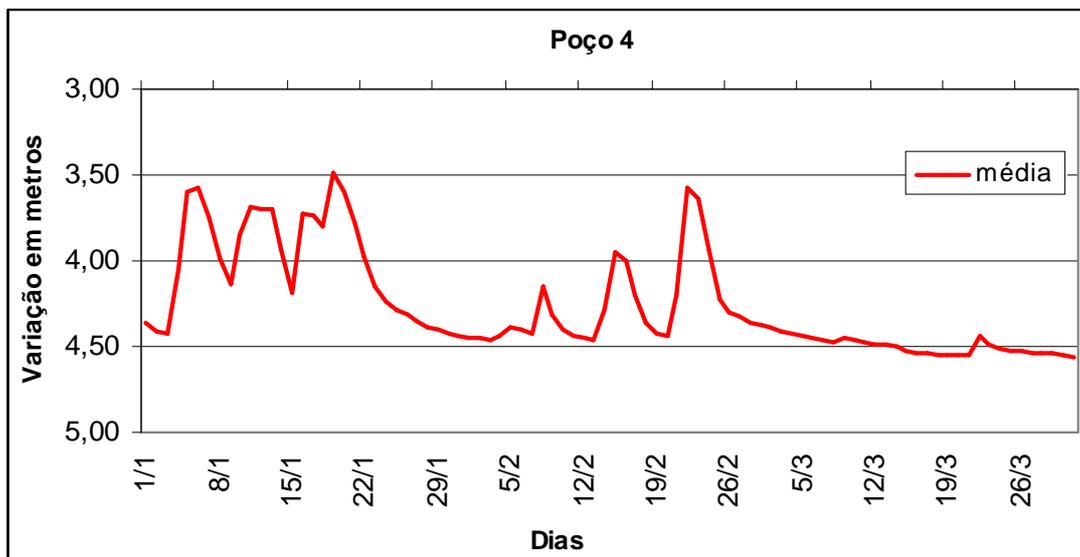


Figura 10: Variação do nível freático no período em análise no poço 4.

No Poço 5 verifica-se durante o mês de janeiro houve recarga do lençol freático e outro pico de menor magnitude no mês de fevereiro, o restante do período manteve-se com pouca variação do nível. Quando comparado com os dados do Quadro 1, percebe-se que este poço, apresentou a maior variação entre as cotas máximas de recarga e descarga do lençol freático. Este poço está localizado também em área florestada por eucaliptos (Figura 12) e está condicionado a uma cota altimétrica de 135 metros.

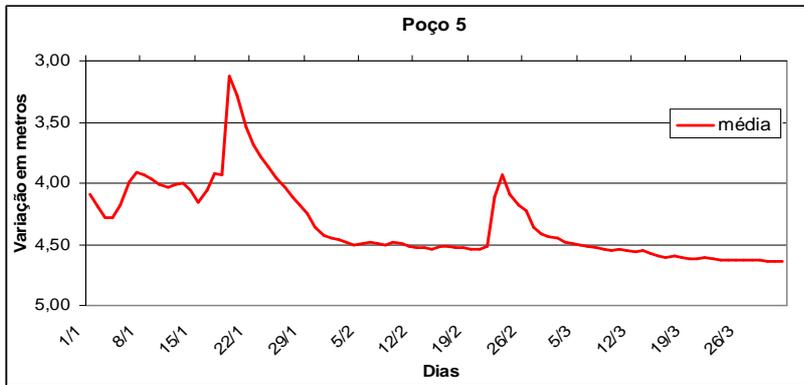


Figura 11 e 12: Variação do nível freático no período e fotografia do Poço 5, respectivamente

A aplicação do método WTF, Healy e Cook (2002), para estimativa de recarga (R) do aquífero no período de avaliação, obedece a Equação 1.

A partir dos dados apresentados nos gráficos, determinou-se o Δh (mm) de cada um dos poços, este obtido através da extrapolação das curvas de recessão. O Δt (dias), determinado pelo período estudado, ou seja, três meses, perfazendo um total de 90 dias, para discussão no artigo.

Os dados de S_y , foram considerados a partir da proposta de Johnson (1967) *apud*. Healy e Cook (2002), informações também adotadas por Gomes (2008) para o SAG no estado de São Paulo. A partir dos resultados de descrições de amostras de calha coletadas durante a perfuração dos poços (Silvério da Silva et al. 2009) consideraram para os solos, uma textura predominantemente arenosa, principalmente constituídos da fração areia fina, de onde se estimou um valor de rendimento específico médio (S_y) de 0,21. Análises mais detalhadas de amostras de superfície indeformadas e deformadas, ainda estão sendo executadas no Projeto ASUB/UFAL/UFCG/UFSM.

Assim a recarga dos poços, no período analisado, está representada no Quadro 2:

Quadro 2: Índice de recarga dos poços no período analisado.

Poços	S_y	Δh (mm)	Δt (dias)	R (mm/dia)
2	0,21	2240	90	5,23
3	0,21	1170	90	2,73
4	0,21	3560	90	8,31
5	0,21	3310	90	7,72

Do Quadro 2, pode-se inferir que o poço 4 apresentou melhor comportamento, quanto a capacidade de recarga aquífera, provavelmente devido a sua localização na planície aluvial, em cota altimétrica menor o que pode indicar uma contribuição por drenança subterrânea a partir de porções mais elevadas, além do que sua constituição é porosa intergranular. Esta tendência pode ser visualizada na Figura 4 indicado pelos vetores simulados com uso do Programa SURFER 8.

Por outro lado, o poço 3, ainda pertencente a planície aluvial, mas em situação de cota um pouco mais elevada e diferente uso do solo, apresentou a menor capacidade de recarga.

Informa-se que o volume de precipitação pluviométrica registrada na Estação Pluviométrica da ANA no município de Rosário do Sul foi de 586 mm no período de Janeiro a Março de 2010.

Utilizando-se o teste de correlação de Spearman não obteve-se correlação significativa entre a cota altimétrica da boca dos poços de monitoramento em relação a recarga e também em relação a variação no nível no período avaliado.



CONCLUSÕES

Conclui-se que em todos os poços houve variação do nível do lençol freático no período avaliado, utilizando-se o método WTF. As representações ilustradas nas Figuras 5, 7, 10 e 11 apresentam um declínio em relação ao nível do lençol, porém, constatou-se que numericamente houve recarga. Destacando-se o poço 4, situado na planície aluvial do curso de água.

Estudos futuros contribuíram para confirmar a origem da recarga, se esta foi influenciada pelo do curso de água perene (condição rio efluente). Através da simulação da superfície potenciométrica observou-se uma contribuição dos poços situados a montante: Poço2, Poço5 e Poço3 para o Poço 4 (Figura4) indicando a ocorrência de fluxos subterrâneos laterais em solos e ou rochas sedimentares porosas constituindo aquífero livre.

Verificou-se que o método WTF se mostrou bastante eficiente quanto aos objetivos do trabalho, simulando-se um curto período de 90 dias. Sendo necessários o aprofundamento dos estudos na área de avaliações de recarga de longo prazo. Possibilitando alcançar respostas aproximadas do real e auxiliando na construção de instrumentos de gestão.

REFERÊNCIAS

- ABNT/NBR 12212/2006. Poço tubular – projeto de poço tubular para captação de águas subterrâneas. p. 10.
- ABNT/NBR 12244/2006. Poço tubular – construção de poço tubular para captação de águas subterrâneas. p. 10.
- ABNT/NBR 15495-1/2007. poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares Parte 1: Projeto e construção. p. 25.
- ALBUQUERQUE, J. P. T. Água subterrânea no planeta água. **Estudos geológicos**. V.17 (1). p. 23-39, 2007.
- ASUB – UFCG/UFAL/UFMS. **Integração dos Instrumentos de Outorga, Enquadramento e Cobrança para a Gestão das Águas Subterrâneas**. Relatório parcial. 2010.
- BARRETO, C. E. A. G. **Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. 2006. 271 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.
- BRASIL. Lei Nº 9.984 17 de julho de 2000. Disponível em:<http://www.lei.adv.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.
- CAMARGO, A., CAPOBIANCO, J. P. R. e OLIVEIRA, J. A. P. (ORGs.), 2004. **Meio Ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92**. São Paulo: Estação da Liberdade, Instituto Socioambiental; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 2ª ed., rev. 2004.
- COSTA, F. J. L. **Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial**. Brasília: Estação gráfica. 1ª ed. 2003.
- CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. SÃO PAULO: Hucitec.1988.
- DESCOVI FIHO, L.L.V. **Subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos**. 2009.140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- FEITOSA, F.A.C...[et al.]... **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Organização e coordenação científica: – 3. ed. ver. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.
- FOSTERCUE, J.A.C. **Environmental Geochemistry a holistic approach**. New York, Springer Verlag. Ecological studies. v. 35. p. 347. 1980.
- FOSTER, S; HIRATA R.A.C; GÓMEZ D., D'ELIA, M.; PARIS, M. **Protección de La Calidad del Agua Subterránea**. Mundi Prensa. 2003. (Banco Mundial), p.115.
- GOMES, L. H. **Determinação da recarga profunda na bacia-piloto do Ribeirão da Onça em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de balanço hídrico em zona saturada**. 2008. 167 f.



Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.

GOUVÊA, T. H. **Análise estatística da influência da precipitação e de características do solo na variação do nível d'água em área de recarga do Aquífero Guarani.** 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2009.

HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. São Leopoldo/RS. UNISINOS, **Acta Geologica Leopoldensia.** 1995, 125 p.

HEALY, R.W., COOK, P.G., Using groundwater levels to estimate recharge. **Hydrogeology Journal.** 10, 2002. 91–109 p.

HIRATA, R. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (org.) **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos, 2000. 2ª. Reimpressão, 2003. 568 p.

MOON, S.; WOO, N. C.; LEE, K. S. Statistical analysis of hydrographs and water-table fluctuation to estimate groundwater recharge. **Journal of Hydrology.** Volume 292. 2004, 198-209 p.

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia da pesquisa:** abordagem teórico-prática. Campinas; São Paulo. 2004.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água.** São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

RONEN, D.; SCHER, H.; BLUNT, M., 2000. Field observations of a capillary fringe before and after a rainy season. **Journal of Contaminant Hydrology.** Elsevier, vol. 44, july 2000. Disponível em: <http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/503341/description#description>. Acesso em: 02 fev. 2010.

RONEN, D., GRABER, E. R. and LAOR, Y., 2005. Volatile Organic Compounds in the Saturated-Unsaturated Interface Region of a Contaminated Phreatic Aquifer. **Vadose Zone. Journal.** Madison/USA, maio 2005. Disponível em <<http://vzj.scijournals.org/cgi/content/abstract/4/2/337>>. Acesso em: 10/06/ 2010.

SENRA, J. B. e HAGER, F. P. V. Águas subterrâneas e a legislação de recursos hídricos. In: **Anais... XIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E I SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE.** Petrópolis, RJ. 2003. p. 83 – 90.

SIEGEL, S. **Estatística no paramétrica:** aplicada a las ciencias de la conducta. México: Trilhas. 1975. 346 p.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. et al. Caracterização de áreas de recarga e descarga do SAG em Rivera-Livramento (R-L) e Quaraí-Artigas (Q-A). Estudo da vulnerabilidade na área de influencia de Quaraí-Artigas. 2007.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. et al. Relatório final do Projeto N°10/OEA/GEF/SG, pdf. P. 195. 2006.

SILVERIO DA SILVA, J.L.; DESCOVI FILHO, L. V.; BAUMHARDT, E.; CRUZ, J.C.; SOUZA, A; S; MAZIERO, E. Avaliação preliminar da flutuação do nível freático em microbacias representativas. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande - MS, 2009, p. 15.

SCANLON, B. R.; HEALY, R. W.; COOK, P. G. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. **Hydrogeology Journal,** vol. 10, number 1 (february), 2002.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI:** enfrentando a escassez. São Carlos, SP. RiMa, IIE, 2ª ed. 2005.

WENDLAND, E.; BARRETO, M C.; GOMES, L.H.; PAIVA, J.B.D. **Balço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir do Monitoramento Hidrogeológico em Bacia Representativa. Aquífero Guarani, Avanços no conhecimento para sua gestão sustentável.** Primera edición, Montevideo, 2007. p.139-155.