



Caracterização Hidrogeológica de um Sistema de Filtração em Margem de Lago Hydrogeological Characterization of a Lake Bank Filtration System

Silvia Fernandes Rocha¹ & Eduardo Antônio Gomes Marques²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES, Coordenadoria de Estradas e Transportes, Avenida Vitória, 1729 – Jucutuquara, 29040-780 Vitória, ES, Brasil

²Universidade Federal de Viçosa – UFV - Departamento de Engenharia Civil – DEC. Avenida Peter Henry Rolfs - Campus Universitário, 36570-900 Viçosa, MG, Brasil
E-mails: silvia@ifes.edu.br; emarques@ufv.br

Recebido em: 20/05/2015 Aprovado em: 20/12/2015

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2016_1_133_141

Resumo

A Filtração em Margem (FM) é uma técnica que vem sendo utilizada com sucesso por vários países como pré-tratamento da água para abastecimento, mediante as crescentes demandas por quantidade e qualidade de água na sociedade atual. Essa técnica compreende a implantação de poços às margens de sedimentos de rios ou lagoas. Nesses poços, a água captada é proveniente da mistura das águas superficiais e subterrâneas. A relevância da abordagem hidrogeológica nesse tema consiste no conhecimento da interação entre o manancial superficial e subterrâneo e na influência do meio físico na qualidade e quantidade de água. A cidade de Viçosa/MG apresenta realidade semelhante a esse quadro de demanda crescente e escassez de recursos hídricos. Diante dessa constatação, o projeto piloto de FM, objeto do presente estudo, foi implantado em 2013, às margens da Barragem da Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo como principal objetivo produzir dados hidrogeológicos para caracterização desse sistema. Este trabalho apresenta o resultado dessa caracterização detalhada, na qual utilizaram-se testes de bombeamento e recuperação de aquífero e de monitoramento potenciométrico. Os resultados indicaram que a hidrogeologia local, favorece a eficiência do sistema de FM, comprovando que a técnica pode ser uma alternativa de baixo custo para captação de água, principalmente em situações emergenciais de estiagem.

Palavras-chave: Filtração em Margem; Teste de aquífero; Potenciometria

Abstract

Riverbank filtration (RBF) is a technique that has been successfully used in many countries, as a pre-treatment for water supply purposes, especially in regions under high demand. The technique comprises the construction of well(s) located at river/lake margins, and the water collected in the well is a mixture of surface water and groundwater. Hydrogeological approach is important in this context because it provides a better knowledge of the interaction between surface water and groundwater, and an evaluation of how physical environmental characteristics influence on water quality and quantity. Viçosa city, Minas Gerais State, Brazil, has an increasing demand of water resources and a shortage of drinking water sources. In this context, the proposed pilot bank-filtration design under study was constructed in 2013 in the margins of a dam at Universidade Federal de Viçosa campus, with the main purpose of generating hydrogeological data for the complete characterization of the designed system. This paper presents the results of a detailed characterization based mainly on pumping and recovering hydrogeological aquifer tests and potentiometric monitoring. Results show that the hydrogeological characteristics of the study area favor the efficiency of the RBF system and can supply considerable amounts of water at low cost, especially during dry seasons.

Keywords: Bank filtration; Aquifer test; Potentiometry

1 Introdução

O sistema de Filtração em Margem (FM) ou Riverbank Filtration (RBF) é uma técnica desenvolvida há mais de 100 anos na Europa (Ray *et al.*, 2003; Schubert, 2003). Schmidt *et al.* (2003) descrevem que, no fim do século 19, ocorreram na Alemanha diversas doenças bacterianas de veiculação hídrica por águas de abastecimento captadas de rios, como o surto epidêmico de cólera em Hamburgo em 1892 e 1893. A extração direta de corpos hídricos superficiais para o abastecimento público foi então substituída ou suplementada pela FM, tendo sido verificado que a passagem natural das águas de rios pelo subsolo, favorecia a remoção de microorganismos.

Devido aos benefícios em diferentes localidades, essa técnica vem sendo utilizada por vários países como pré-tratamento do abastecimento público mediante as demandas de quantidade e qualidade de água para consumo (Hubbs *et al.*, 2003; Hunt, 2003; Ray *et al.*, 2003; Saini *et al.*, 2013; Srisuk *et al.*, 2012).

A técnica de FM consiste em implantar poços de captação nas margens sedimentares de um rio ou lagoa, para captar água proveniente da mistura das águas superficiais e subterrâneas. Em situação natural, essa mistura ocorre quando a superfície freática for inferior ao nível d'água superficial do rio ou lago. Entretanto, essa situação também pode ser induzida artificialmente pelo bombeamento do poço locado às margens do manancial superficial (Dalai & Jha, 2014; Ray *et al.*, 2003).

Ao passar pelo meio poroso, a água está sujeita a processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nesse meio, possibilitando a remoção de turbidez, matéria orgânica natural e outros constituintes da água e do meio (Hunt *et al.*, 2003; Ray *et al.*, 2011). Além disso, apresentam boas perspectivas futuras diante das mudanças climáticas e das demandas por abastecimento de água para consumo humano (Ray, 2008). Especificamente, os sistemas de FM dependem de fatores geológicos e hidrológicos locais, sendo, portanto, diferenciados de uma região para outra (Sandhu *et al.*, 2011; Sanz *et al.*, 2011). Entretanto, como característica geral, apresentam a vantagem de serem eficientes e econômicos, com baixo custo de operação.

Alguns autores destacam a caracterização hidrogeológica como um estudo prioritário em sistemas de Filtração em Margem, pois podem permitir a compreensão dos fluxos que ocorrem em um sistema de águas subterrâneas, a disponibilidade de água, a estimativa da recarga e a influência nesses resultados de fatores tais como: clima, solo, vegetação, e interações planta/solo (Bakker *et al.*, 2013; Niende *et al.*, 2013). Entretanto, poucas pesquisas priorizaram esses estudos para esse tema (Demétrio *et al.*, 2013; Hunt *et al.*, 2003; Ray *et al.*, 2003; Ray, 2008; Shankar *et al.*, 2009).

Na presente pesquisa, a hidrogeologia local era desconhecida, o que dificultava a implantação de um sistema de filtração em margem. A partir dessa constatação, realizaram-se uma investigação criteriosa do meio físico e a execução de sondagens do tipo SPT para caracterização do sistema aquífero e permitir uma otimização da implantação do sistema de FM no campus da UFV.

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo apresentar os dados hidrodinâmicos do aquífero freático e suas características potenciométricas (incluindo suas variações sazonais). A partir desses dados, foi possível caracterizar esse sistema aquífero e analisar a interação da água subterrânea com a água superficial no sistema FM.

2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da Área

A área de estudo é uma microbacia localizada no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, campus da UFV, localizada entre os meridianos 42°51'30" W e 42°53'00" W e entre os paralelos 20°45'30" S e 20°47'00" S (Figura 1). Apresenta área de 0,04 Km² e as altitudes variam entre 660 m e 780 m.

A microbacia apresenta relevo ondulado, típico da região, com encostas associadas a vales com fundo chato. O clima regional, de acordo com a classificação de Köppen, é o CWa, caracterizado por verões chuvosos, com precipitação média anual de 1200 mm. Julho e agosto são considerados os meses mais secos e frios do ano. A temperatura do mês mais frio é inferior a 18 °C e do mês mais quente, superior a 22 °C (Fernandes *et al.*, 2007).

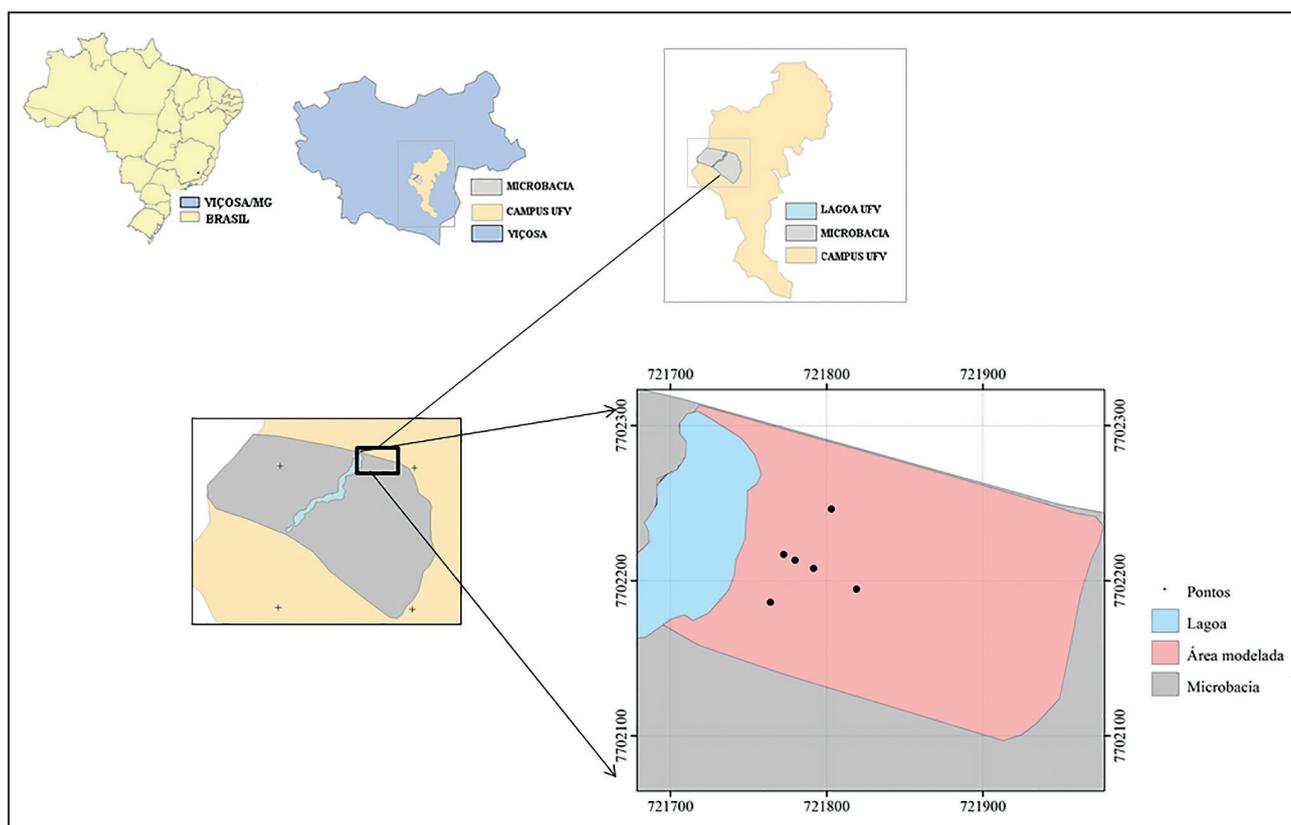


Figura 1 Mapa localização da microbacia, bem como sua posição no campus da UFV, município de Viçosa, no Estado de Minas Gerais e no Território Brasileiro.

O uso da terra é caracterizado por apresentar vegetação natural tipo Floresta Atlântica nos topos de morros. Já nos locais em que o relevo é menos acentuado, há predominância de lavouras e áreas de ocupação e de expansão urbana.

A geologia da região tem o gnaiss como rocha predominante, com espessura variada e sendo encontrado em diversos níveis de alteração (Andrade, 2010). Ao longo dos vales, ocorrem sedimentos Quaternários, que se caracterizam pela elevada variedade textural (Marques, 2008), informação confirmada por meio da coleta e análise de amostras nos furos de sondagem realizados na área de estudo.

A hidrogeologia da área é representada por um aquífero poroso formado por depósitos aluvionares do Quaternário e solos de alteração de rochas metamórficas do Pré-Cambriano Inferior ou Indiviso, conforme definido por Carvalho *et al.* (2014). Esse aquífero apresenta o nível freático próximo à superfície do terreno, sob pressão atmosférica e, portanto, o mesmo é caracterizado como não confinado.

2.2 Projeto Piloto de Filtração em Margem de Lago

O projeto piloto de FML foi construído à margem da Barragem da UFV (Figura 1), em uma área caracterizada pela ocorrência de aluvião. O referido projeto é composto por um poço de produção (“POÇO”) e cinco poços de monitoramento (SP1, SP2, SP3, SP4 e SP5). O sistema foi implantado no período entre maio/2013 e outubro/2013 a partir da execução de sondagens à percussão, tipo SPT (*Standard Penetration Test*). O período de observação contabilizou um ano hidrológico, de setembro de 2013 a agosto de 2014.

O aquífero freático no qual foi implantado o sistema de FM é constituído pelos sedimentos aluvionares de uma vertente do rio São Bartolomeu, tem espessura média estimada, no trecho investigado, de 21 m; e vazões explotáveis variando de 5 m³/h a 6,10 m³/h. O “POÇO” foi implantado no local com maior espessura do aluvião. A maioria dos poços de monitoramento penetraram totalmente o aquífero livre, com exceção do SP1, no qual a espessura do aluvião é menor, e igual a 11 m. A superfície

freática encontra-se sob pressão atmosférica, a uma profundidade aproximada de 4 metros.

Os poços de monitoramento receberam tubo de PVC geomecânico com diâmetro de 2” e o “POÇO” recebeu tubo de PVC geomecânico com diâmetro de 4”. Os tubos ranhurados (filtro) foram intercalados aos tubos lisos e preenchidos com pedrisco, conforme Capucci *et al.* (2001). A proteção da parte superficial foi realizada com bentonita (selo sanitário), e na parte inferior dos tubos colocou-se um tampão (‘cap’ de fundo). A bomba submersa utilizada no “POÇO” é da marca EBARA, modelo do motor M4P2, Modelo Bomba 4BPS8-5, monofásica, Potência 372 à 2237 W, 220V, com capacidade de vazão variando de 5,0 m³/h a 9m³/h (Ebara, 2013) (Figura 2).

2.3 Teste de Aquífero

O teste de aquífero foi realizado para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos: transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e armazenamento (S). O teste de aquífero foi realizado conforme apresentado em CPRM (1998) e envolveu três poços: SP2 e SP3 e o “POÇO”. Os poços SP2 e SP3 estão distantes do poço bombeado em, respectivamente, 12,93 m e 8,08 m. Esse teste

foi realizado nos dias 09/12/2013 e 10/12/2013, em duas etapas. A primeira etapa (rebaixamento) ocorreu no período de 24 h e realizou-se:

- o bombeamento e a medição da vazão (por meio de hidrômetro) no “POÇO”;
- o monitoramento dos níveis dinâmicos nos três poços.

Na segunda etapa (recuperação), não houve o bombeamento no “POÇO”, realizando-se apenas monitoramento dos níveis estáticos nos três poços analisados, durante um período de 12 h.

Considerou-se que: o aquífero é livre, homogêneo, isotrópico; o regime de bombeamento é transitório; o bombeamento foi realizado à vazão constante; não existem outros poços na área de estudo (informação de campo); e os poços penetraram totalmente o aquífero. Para essas condições, adotou-se como método de interpretação o Método de Theis, com correção de Jacob (Demétrio *et al.*, 2013). Considerou-se, para fins do teste de bombeamento, a espessura saturada do aquífero freático igual a 21 m, à vazão constante de 5,0 m³/h.

Para a medição dos níveis piezométricos, utilizaram-se medidores de nível elétrico da marca

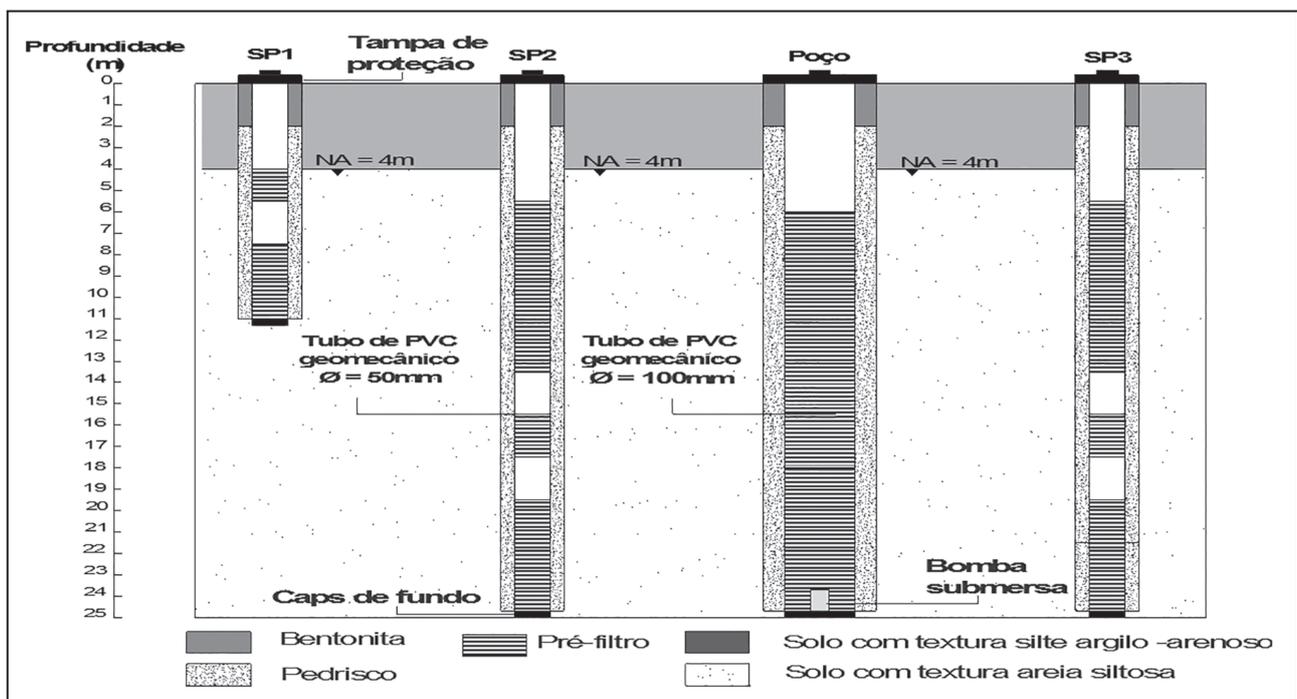


Figura 2 Perfil construtivo dos poços de monitoramento SP1, SP2 e SP3 e do “POÇO”.

Solinst. Os resultados foram interpretados com o auxílio do software *Aquifer Test Pro 4.0*, da empresa *Waterloo Hydrogeology Inc.* (Röhlich, 2005), por meio do Método de Theis, com correção de Jacob, para aquífero livre em regime transiente.

Determinou-se também o valor do raio de influência (R_i). Segundo Richard *et al.* (2014), em poços em bombeamento à vazão constante, o raio de influência pode ser estimado a partir da equação de Cooper-Jacob, segundo observa-se na (Equação 1):

$$R_i = 1,5 \sqrt{\frac{Tt}{S}} \quad (1)$$

Em que:

R = raio de influência, limite do cone de rebaixamento [L];

T = transmissividade [L^2T^{-1}]

t = tempo de bombeamento [T]

S = coeficiente de armazenamento

Alguns fatores podem interferir no rebaixamento dos poços e, conseqüentemente, na qualidade de resultados dos testes de aquíferos, tais como o nível de penetração do poço no aquífero e a existência de pré-filtro no poço, dentro da zona de captação (Malama *et al.*, 2011). Nessa pesquisa, os poços utilizados no teste de bombeamento penetraram totalmente o aquífero freático e possuem filtros com ranhuras e pré-filtro na zona de captação. Na área de estudo não existem outros poços que possam interferir no regime de fluxo para o “POÇO” em análise.

2.4 Análise Potenciométrica

O “POÇO” operava conforme o horário de utilização de água no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, de 7h30min. às 16h30min. As campanhas de medição dos níveis potenciométricos nos cinco poços e no “POÇO” foram realizadas duas vezes ao dia: pela manhã, antes do início da operação do “POÇO”, permitindo uma análise do fluxo subterrâneo sem interferências na área; e à tarde, após o sistema entrar em operação, permitindo uma análise da influência do “POÇO” sobre esse fluxo.

Consideraram-se, também, nas análises, os dados referentes à batimetria, obtidos por Ferreira *et al.* (2012), e à topografia, além de dados de precipitação provenientes de uma Estação Meteorológica existente no Campus da UFV.

3 Resultados e Discussão

3.1 Teste de Aquífero

As análises obtidas por meio do teste de bombeamento permitiram a obtenção dos seguintes dados para o aquífero livre: regime de bombeamento; parâmetros hidrodinâmicos do aquífero (T , S e K) e o raio de influência durante o bombeamento (R_i).

Os dados monitorados indicaram que, nos poços SP2 e SP3, houve uma evolução progressiva dos rebaixamentos do nível d’água em resposta ao bombeamento até, aproximadamente, o tempo de 300 min. (Figura 3). Após esse tempo, os níveis dinâmicos se estabilizaram até o tempo de 1440 min., quando então foi finalizada a primeira etapa do teste de bombeamento. Na segunda etapa (recuperação), os níveis d’água em cada poço aumentaram até atingir valores próximos aos níveis d’água medidos no início do teste de bombeamento.

A evolução dos níveis dinâmicos foi observada sistematicamente nos poços SP2 e SP3, distantes do poço bombeado em, respectivamente, 12,93 m e 8,08 m. Os resultados obtidos (Figura 3) mostram comportamentos semelhantes nos dois poços. O poço SP2, por estar mais distante do “POÇO”, apresentou rebaixamento máximo menor do que o poço SP3. No período de recuperação, a variação dos níveis estáticos dos três poços foi influenciada pela recarga do próprio aquífero e da água proveniente do lago e pela época de realização do teste, durante o período chuvoso.

Esse comportamento identificado durante o teste é característico do aquífero livre em regime transitório. Inicialmente, a água bombeada é controlada pelo armazenamento elástico do aquífero. Após 300 min do início do bombeamento, os rebaixamentos praticamente estabilizaram, demonstrando, com isso, que a partir deste ponto houve um aporte de recarga controlado pela condutividade hidráulica vertical do aquífero para suprir a vazão bombeada.

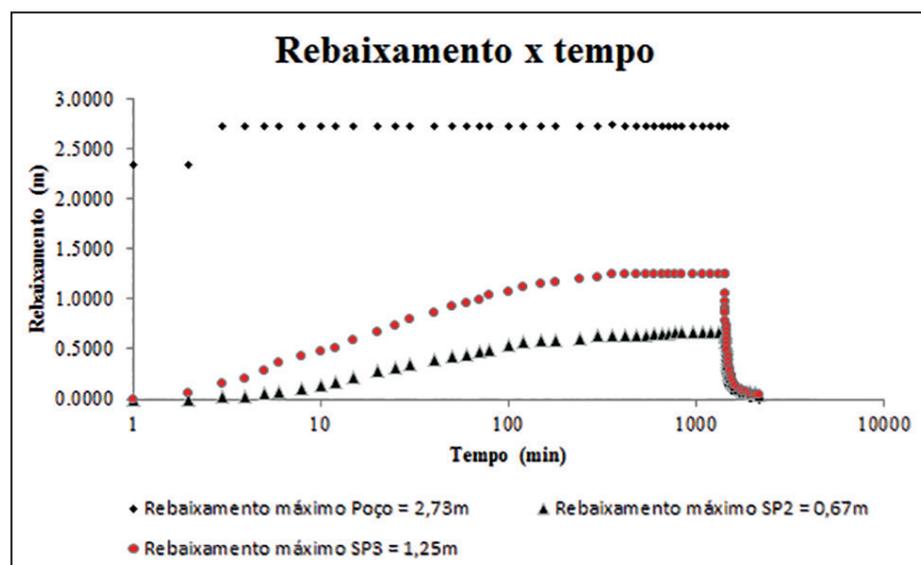


Figura 3 Gráfico rebaixamento x tempo, com indicação do rebaixamento máximo em cada poço analisado.

Por meio de análise no *Aquífer Test* foram obtidos, para os três poços, os seguintes valores referentes aos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero:

- $T = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$;
- $K = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$;
- $S = 1,0 \times 10^{-1}$.

Os resultados dos parâmetros hidrodinâmicos foram semelhantes, em ordem de grandeza, aos encontrados por Carvalho *et al.* (2014) e Paiva (2009). Essa semelhança deve-se às características do aquífero livre investigado nessas pesquisas, com alta permeabilidade.

Como há apenas um “POÇO”, o sistema em estudo não sofre influência de outros poços de captação pré-existentes, diferentemente do trabalho realizado por Paiva (2009). Esse fato permitiu uma confiabilidade maior nos resultados hidrogeológicos obtidos na presente pesquisa.

A instalação de outros poços de monitoramento só traria ganhos de informação se eles fossem instalados fora do raio de influência de “POÇO”, cujo valor agora é conhecido para a vazão utilizada, e na porção mais elevada do terreno, permitindo uma melhor definição da carga nesses pontos. Entretanto, a despeito disso, as informações coletadas permitem um melhor gerenciamento de locação de futuros

poços de bombeamento, visando evitar-se o efeito de somatório dos cones de rebaixamento.

Para o cálculo da estimativa do Raio de influência (R_i) por meio da Equação 1, considerou-se $T = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; $t = 86400 \text{ s}$ e $S = 1,0 \times 10^{-1}$, resultando em um valor de R_i igual a 44,09 m. Verificou-se que esse valor pode ser alterado variando-se a vazão e o tempo de bombeamento, com R_i aumentando com o aumento do tempo de bombeamento, como seria de se esperar.

O conhecimento do raio de influência do “POÇO”, para um tempo de 24 h, permitiu verificar o limite do cone de rebaixamento e avaliar a interferência de outros poços dentro desse limite e no seu entorno. Com essa informação, poderá ser estabelecido um melhor gerenciamento do uso da água subterrânea na área de estudo. Por exemplo, em Minas Gerais, é obrigatório realizar-se teste de interferência para poços situados em até 200 m de poços preexistentes. Sabendo-se o raio de influência do “POÇO”, é possível calcular, previamente, possíveis efeitos de bombeamento em novos poços sobre o N.A. local, inclusive avaliando o efeito de soma dos rebaixamentos.

3.2 Análise Potenciométrica

A análise potenciométrica demonstrou a relação entre o lago e o aquífero. Os resultados apresentados por meio dos mapas potenciométricos

referem-se à variação do nível estático (NE) e do nível dinâmico (ND) durante o ano hidrológico (Figura 4).

O espaçamento entre as curvas potenciométricas indica que a influência do “POÇO” é maior para os piezômetros SP2 e SP3.

Verificou-se, no mapa potenciométrico do nível estático, que o fluxo natural da água subterrânea se dá no mesmo sentido do fluxo do “LAGO”, apresentando pequenas inflexões das linhas de mesma carga hidráulica. Eles indicam, com isso, que, antes do bombeamento, a lagoa recebe água do aquífero (comportamento efluente).

No mapa potenciométrico do nível dinâmico, as direções de fluxo indicam que a água subterrânea flui em direção ao “POÇO”. Esse resultado era esperado em função do cone de rebaixamento no momento do bombeamento, indicando a menor carga hidráulica no “POÇO” e a sua influência nos poços SP2 e SP3. Nessas condições, o “LAGO” apresenta comportamento influente.

Na área de descarga do aquífero, existem baixos valores gradientes hidráulicos, na ordem de 10^{-3} m/m, favorecendo o armazenamento do aquífero. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Barbosa & Silva Jr. (2005) para o aquífero Aluvionar,

do município de Macaé/RJ. Nas proximidades do relevo mais elevado, onde se encontram as zonas de recarga do aquífero, não existem poços, portanto não foi possível estimar o gradiente hidráulico nesses lugares. Logo, não foi possível concluir se a recarga à montante da área está contribuindo ou não com o armazenamento do aquífero, e em que níveis ocorre essa contribuição.

As características semelhantes identificadas nos mapas potenciométricos foram influenciadas pela precipitação no período monitorado, igual a 1006 mm.

Os piezômetros analisados apresentaram uma mesma tendência de comportamento em relação ao nível da água durante o ano hidrológico, indicando, com isso, uma possível conexão hidráulica entre eles. O nível estático decresce ou aumenta em comparação com a variação da precipitação (Figura 5).

Os resultados potenciométricos demonstraram que, mesmo com a estiagem prolongada no período observado, as baixas precipitações não comprometeram o funcionamento do “POÇO”, e os poços não secaram. Acredita-se que esse comportamento seja causado pela proximidade ao “LAGO”, que representa uma fonte de água para recarga com vazão maior do que a bombeada no “POÇO”.

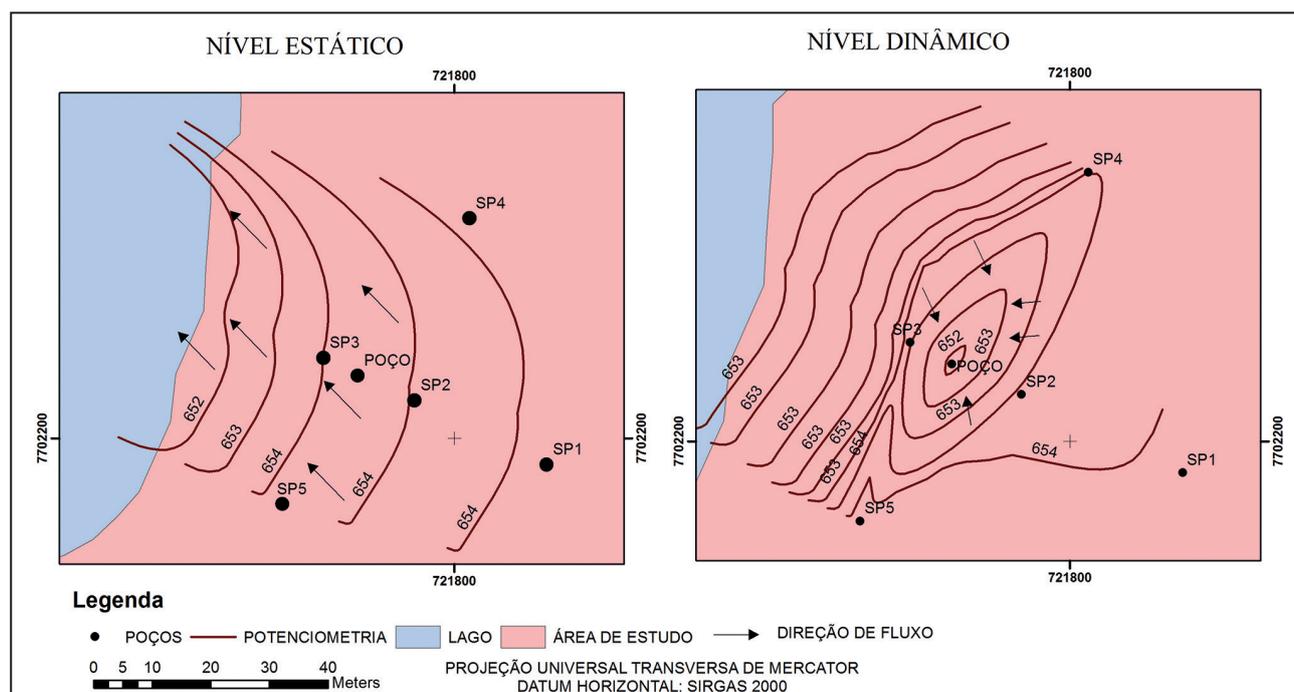


Figura 4 Mapa potenciométrico representativo do Nível estático e do Nível Dinâmico durante o ano hidrológico.

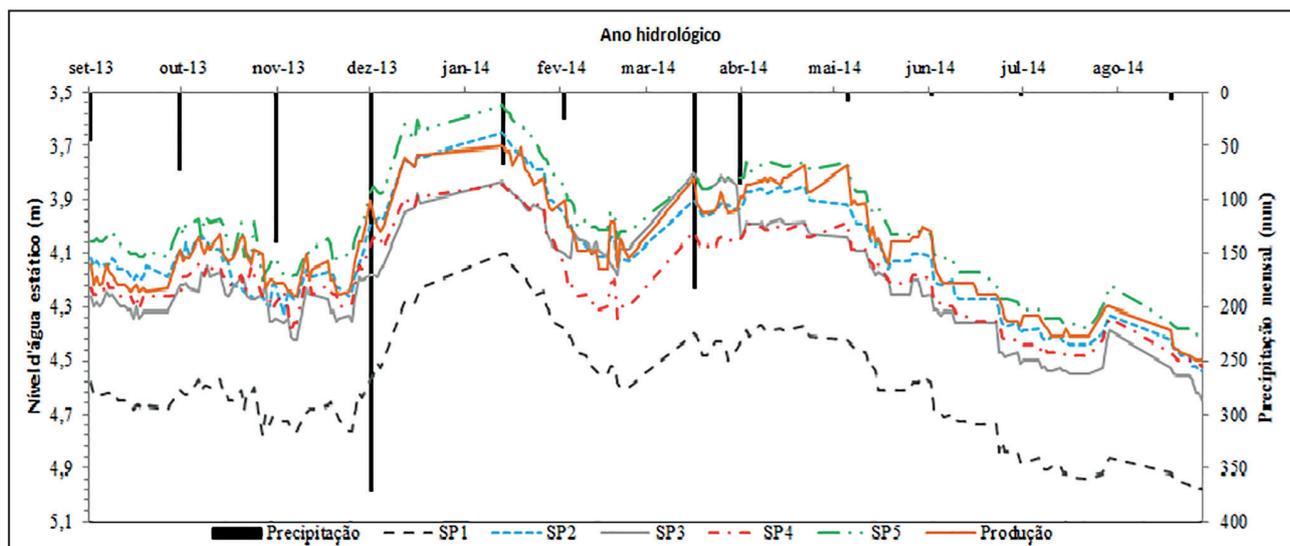


Figura 5 Gráfico de comparação da variação do nível d'água estático nos piezômetros com a precipitação (mm) durante o ano hidrológico 2013/2014.

4 Conclusões

O sistema de FM implantado em Viçosa/MG permitiu caracterizar os principais parâmetros hidrogeológicos da área de estudo, sua variação sazonal, e sua influência sobre a posição do nível de água, recarga e interação água superficial – água subterrânea.

A caracterização hidrogeológica demonstrou a viabilidade de se utilizar esse sistema de FM no conhecimento da interação lago-aquífero, pois permitiu caracterizar os principais parâmetros hidrogeológicos, tais como: transmissividade, condutividade hidráulica e armazenamento.

Além disso, o procedimento adotado permitiu avaliar a potenciometria da área de estudo, sua variação sazonal, sua influência sobre a posição do nível de água, a recarga e a interação lago-aquífero. A potenciometria permitiu avaliar a influência do “POÇO” de bombeamento nas curvas potenciométricas adjacentes. Em função disso, verificou-se que o cone de rebaixamento atingiu o “LAGO” no período de 24 h de bombeamento (Figura 4). No entanto, atualmente, o bombeamento no poço ocorre em dias alternados e num período de 3 h, e nessas condições o cone não atinge o “LAGO”. Assim, o “POÇO” pode ser uma alternativa de baixo custo para suprir as necessidades de água para abastecimento, principalmente em situações

emergenciais de baixa estiagem, como ocorreu nesse ano hidrológico.

O fato de haver apenas os poços do sistema de FML implantados para a presente pesquisa localizados nessa área permitiu maior confiabilidade nos dados gerados, já que se evitaram influências externas. Especificamente no estudo de recarga, haveria maior ganho de informações se outros poços existissem em pontos mais altos do relevo, o que fica como sugestão para trabalhos futuros.

Conclui-se, portanto, que esses dados devem servir como suporte no planejamento e gestão das águas subterrâneas na área estudada e de outras, com características semelhantes.

5 Referências

- Andrade, L.C.R. 2010. *Estudo da influência do meio físico e das atividades antrópicas na qualidade da água na sub-bacia do Córrego Palmital – Viçosa/MG*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, , 154p.
- Bakker, M.; Bartholomeus R.P. & Ferre, T.P.A. 2013. Groundwater recharge: processes and quantification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17: 2653–2655.
- Barbosa, G.R. & Silva Jr; G.C. 2005. Potenciometria e Fluxo Subterrâneo no Aquífero Aluvionar do Baixo Curso do Rio Macaé, Município de Macaé-RJ. *Anuário do Instituto de Geociências*, 28(2): 102-105.
- Capucci, E.; Martins, A.M.; Mansur, K.L. & Monsorens, A.L.M. 2001. *Poços tubulares e outras captações de águas*

- subterrâneas. SEMADS, SEINPE, DRM, Rio de Janeiro, RJ, 70 p.
- Carvalho, V.E.C.; Rezende, K.S.; Paes, B.S.T.; Betim, L.S. & Marques, E.A.G. 2014. Estimativa da Recarga em uma Sub-bacia Hidrográfica Rural através do Método da Variação do Nível D'Água (VNA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(1): 271-280.
- CPRM. 1998. *Programa Ações Emergenciais de Combate aos efeitos da seca. Execução de testes de bombeamento em poços tubulares, Manual Prático de Orientação*. Recife, PE. 24p.
- Dalai, C. & Jha, R. 2014. Review on Water Treatment Techniques Used for Riverbank Filtration. *International Journal of Civil Engineering Research*. 5(3): 221-226.
- Demétrio, J.G.A.; Paiva, A.L.R.; Freitas, D.A.; Batista, A.G.S. & Cabral, J.J.S.P. 2013. Características hidrogeológicas das aluviões do rio Beberibe na área da bateria de poços no bairro de Caixa d'água, Olinda-PE. *Revista Águas Subterrâneas*, 27: 111-126.
- EBARA. 2013. *Manual de Instalação e Termo de garantia*. Bauru, 16p.
- Fernandes, M.M.; Ker, J.C. & Rezende, S.B. 2007. Delineamento semi-detalhado de solos empregando aerofotos não-convencionais na sub-bacia Palmital - rio Turvo Sujo, MG. *Geonomos*, 15: 1-7.
- Ferreira, I.O.; Rodrigues, D.D. & Santos, A.P. 2012. Levantamento batimétrico automatizado aplicado à Gestão de Recursos Hídricos. Estudo de caso: Represamento do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 4, Recife, p. 1- 8.
- Hubbs, S.; Ball, K.; Hass, D.L. & Robison, M.J. 2003. In: RAY, C.; LINSKY, R. B.; MELIN, G. (Org.). *Riverbank Filtration – improving source-walter quality*. Kluwer Academic Publishers, p.49–60.
- Hunt, H. 2003. American Experience in Installing Horizontal Collector Wells. In: RAY, C.; LINSKY, R.B. & MELIN, G. (Org.). *Riverbank Filtration – improving source-walter quality*. Kluwer Academic Publishers, p. 29–34.
- Hunt, H.; Schubert, J. & Ray, C. 2003. Conceptual Design of Riverbank Filtration Systems. In: RAY, C.; LINSKY, R.B. & MELIN, G. (Org.). *Riverbank Filtration – improving source-walter quality*. Kluwer Academic Publishers, p.19–28.
- Malama, B.; Kuhlman, K.L.; Barrash, W.; Cardiff, M. & Thoma, M. 2011. Modeling slug tests in unconfined aquifer staking into account water table kinematics, wellbore skin and inertial effects. *Journal of Hydrology*, 408: 113-126.
- Marques, E.A.G. 2008. *Relatório técnico de Mapeamento Geológico da Sub-Bacia do Ribeirão São Bartolomeu (MG)*. 86p.
- Niende, J.; G.V.T. & Vermeulen, D. 2013. Application of Isotopes and Recharge Analysis in Investigating Surface Water and Groundwater in Fractured Aquifer under Influence of Climate Variability. *Earth Science & Climate Change*, 4(4):1-14.
- Paiva, A.L.R. 2009. O Processo Filtração em Margem e um Estudo de Caso no rio Beberibe. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, *Tese de doutorado*. 150p.
- Ray, C. 2008. Worldwide potential of riverbank filtration. *Clean Technology Environmental Policy*, 10: 223–225.
- Ray, C.; Jasperse, J. & Grischek, T. 2011. Bank Filtration as Natural Filtration. In: RAY, C. JAIN, R. (Org.). *Drinking Water Treatment*. Springer, p. 93 – 158.
- Ray, C.; Schubert, J.; Linsky, R.B. & Melin, G. 2003. Introduction. In: RAY, C.; LINSKY, R. B. & MELIN, G. (Org.). *Riverbank Filtration – improving source-walter quality*. Kluwer Academic Publishers, p.1–15.
- Richard, S.K.; Chesnaux, R.; Rouleau, A. & Coupe, R.H. 2014. Estimating the reliability of aquifer transmissivity values obtained from specific capacity tests: examples from the Saguenay-Lac-Saint-Jean aquifers, Canada. *Hydrological Sciences Journal*, 1: 1-77.
- Röhrich, T. 2005. AquiferTest. *Demo tutorial, Advanced Pumping Test & Slug Test Analysis Software. Versão 4.0*. Ontário – Canadá. Waterloo Hydrogeologic, 44p.
- Saini, B.; Mehrotra, I.; Kumar, P. & Verma, R. 2013. Insight of Riverbank Filtration System at Haridwar for Enhancement of Drinking Water Quality. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3(4): 1264-1270.
- Sandhu, C.; Grischek, T.; Kumar, P. & Ray, C. 2011. Potencial for Riverbank filtration in Índia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(2): 295-316.
- Sanz, D.; Castaño, S.; Cassiraga, E.; Sahuquillo, A.; Gómez-Alday, J. J.; Peña, S. & Calera, A. 2011. Modeling aquifer–river interactions under the influence of groundwater abstraction in the Mancha Oriental System (SE Spain). *Hydrogeology Journal*, 19: 475-487.
- Schmidt C.K.; Lange F.T.; Brauch H. & Kühn W. 2003. Experiences with riverbank filtration and infiltration in Germany. *Water Technology Center*, p. 1-17.
- Schubert, J. 2003. German Experience with Riverbank Filtration Systems. In: RAY, C.; LINSKY, R.B. & MELIN, G. (Org.). *Riverbank Filtration – improving source-walter quality*. Kluwer Academic Publishers, p.35–48.
- Shankar V.; Eckert, P.; Ojha, C. & König, C.M. 2009. Transient three-dimensional modeling of riverbank filtration at Grind well field, Germany. *Hydrogeology Journal*, 17: 321–326.
- Srisuk, K.; Archwichai, L.; Pholkern, K.; Saraphirom P.; Sumrit, C. & Munyou, S. 2012. Groundwater Resources Development by Riverbank Filtration Technology in Thailand. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 3: 155–161.