

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPUS DA UFMG, BELO HORIZONTE / MG

Carlos A. de Carvalho Filho¹ e Celso de O. Loureiro²

Resumo - Este trabalho tem por objetivo apresentar o modelo hidrogeológico conceitual elaborado para a região do Campus da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e adjacências. Descreve-se a metodologia adotada, assim como são apresentados os resultados obtidos nas diversas etapas de desenvolvimento do trabalho. O cenário hidrogeológico local é constituído por um aquífero poroso granular sobreposto e em íntima comunicação com um aquífero fissural, os quais compõem um sistema aquífero único, do tipo livre, heterogêneo e anisotrópico. Estimou-se para este sistema uma condutividade hidráulica horizontal de 5×10^{-6} m/s, uma produção específica de 0,1, e 30 % de taxa de recarga pluvial. Os 12 poços tubulares inventariados apresentaram em testes de bombeamento uma vazão específica média de 0,19 l/s/m e uma vazão média de 12 m³/h.

Palavras-chave - hidrogeologia, modelagem.

INTRODUÇÃO

O crescimento da exploração das águas subterrâneas vem proporcionando uma maior preocupação com a preservação destes mananciais. Este aspecto tem estimulado, ainda que de forma incipiente no Brasil, o desenvolvimento de estudos integrados e multidisciplinares, que enfatizam a questão ambiental, particularmente a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos às agressões antrópicas. Dentre estes estudos, é hoje um importante tema de pesquisa, o conhecimento dos mecanismos de transporte de contaminadores pelas águas subterrâneas, principalmente nas avaliações prospectivas das concentrações de poluentes.

Para estes estudos é fundamental o conhecimento detalhado das características hidrogeológicas e correlatas dos sistemas aquíferos. Estas características são melhor visualizadas quando sintetizadas num formato ou modelo adequado, denominado de modelo hidrogeológico conceitual, no qual procura-se reproduzir da forma mais realista possível as observações de campo. O modelo conceitual é portanto uma ferramenta útil para a visualização espacial das camadas hidrogeológicas, das condições de contorno e das interações entre os vários segmentos do ciclo hidrológico, além de ser fundamental para a modelagem matemática de simulação do fluxo da água subterrânea, e por conseguinte para a modelagem do transporte de contaminadores nos sistemas hidrogeológicos.

O presente trabalho é um dos estudos, abordando o tema hidrogeologia e áreas afins, atualmente em desenvolvimento na bacia experimental do Projeto Hidrogeológico da Baía do Engenho Nogueira – PROHBEN, e é baseado na dissertação de mestrado de Carvalho Filho (1997).

OBJETIVO

O trabalho tem por objetivo a formulação do modelo hidrogeológico conceitual para a área de estudo, localizada na região do Campus da Universidade Federal de Minas Gerais e adjacências.

Descreve-se a metodologia adotada para o estabelecimento do modelo conceitual, desde o inventário dos pontos de água até a representação gráfica do modelo propriamente dito, assim como é apresentada uma estimativa das reservas hídricas subterrâneas do local.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de desenvolvimento do trabalho situa-se na região metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, estando na sua maior parte dentro dos limites do Campus da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, localizado na Pampulha. Como ilustrado na Figura 1, o contorno da área de estudo perfaz um polígono irregular, com cerca de 2,5 km², inserido num retângulo delimitado pelas coordenadas UTM 607.200 e 609.600 oeste, e 7.800.800 e 7.804.000 sul. O traçado irregular da área corresponde ao divisor hidrográfico da bacia.

A escolha deste local para o desenvolvimento do trabalho deve-se a três aspectos principais, quais sejam: as características hidrogeológicas da área, presentes em 50% do

território nacional; a crescente demanda de água pela comunidade local; e a locação de várias indústrias potencialmente poluidoras dos mananciais subterrâneos, situadas à montante da área de estudo.

METODOLOGIA

Para que o objetivo proposto fosse alcançado, os trabalhos foram divididos em 3 fases.

Fase I – Trabalhos Preparatórios: Nesta fase foram executadas as etapas que tiveram por objetivo estruturar a base do trabalho. Realizou-se ampla pesquisa bibliográfica, definiu-se e digitalizou-se o mapa base planialtimétrico e foi executado o inventário de pontos de água.

Fase II – Trabalhos de Caracterização da Área de Estudo: O objetivo desta fase foi a execução de estudos detalhados em vários setores da ciência, de maneira a compor uma base de sustentação técnica para o estabelecimento do modelo hidrogeológico conceitual para o local. Foram realizados estudos geológicos e geomorfológicos, os quais contemplaram levantamentos de campo e fotointerpretação, definiu-se as unidades hidrogeológicas, caracterizou-se as direções preferenciais do fluxo da água subterrânea, calculou-se os parâmetros hidrodinâmicos através dos métodos da Recuperação de Theis e de Neuman. Ainda nesta fase foram estimados valores para as reservas de água subterrânea e para a taxa de recarga pluvial do aquífero.

Fase III – Elaboração do Modelo Hidrogeológico Conceitual: O modelo conceitual é uma representação, por ilustração, da geologia, dos parâmetros hidrogeológicos, da hidrologia, e do sistema de fluxo da água subterrânea. Esta representação é freqüentemente feita sob a forma de um bloco diagrama ou de uma seção vertical, onde devem estar sintetizadas as principais características do sistema aquífero, obtidas durante a execução das fases anteriores.

Através do modelo conceitual, pode-se visualizar as informações obtidas no campo de uma maneira mais simplificada e rápida do que as descrições de costume, permitindo que se tenha uma visão integrada das inter-relações entre os sistemas hidrogeológico, hidrológico e hidrometeorológico. Além disso, o modelo conceitual contém os pilares

necessários à construção do modelo de simulação do fluxo da água subterrânea, pois nele os dados se encontram num formato intermediário entre a realidade física de campo e a representação numérica computacional.

INVENTÁRIO DOS PONTOS DE ÁGUA E CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS TUBULARES

Conforme pode ser visto na Figura 1, foram cadastrados 26 pontos de água, dentre os quais 12 pontos correspondem a poços tubulares profundos e 14 pontos são furos de sondagens rasos. Os poços P3 e P6, implantados na década de 70, são os únicos que estão em operação no momento, com vazões de teste de 12,2 m³/h e 19,2 m³/h, respectivamente.

Os poços P4, P5, P8, P9, P10 e P11 foram perfurados em 1995, e a previsão atual é que entrem em operação em 1999. Os poços P0, P1, P2 e P7 encontram-se desativados. As informações provenientes dos 14 furos de sondagens contribuíram para a caracterização geológica da área.

Os resultados da análise estatística feita sobre alguns dados referentes aos poços tubulares, mostraram que a profundidade média dos poços está em torno dos 80 m, enquanto que as profundidades dos níveis estáticos variam de 1,70 m a 8,70 m, com média de 5,71 m. Estes valores indicam o caráter pouco profundo do nível freático.

Os valores obtidos para o rebaixamento apresentaram uma variação muito grande, da ordem de 52 m, com valor máximo de 57 m e mínimo de 5 m. Do mesmo modo observa-se para a vazão de teste uma variação significativa, com máxima de 24 m³/h, mínima de 4 m³/h e média de 12 m³/h. Estas variações de valores podem estar refletindo tanto a heterogeneidade do meio como as diferenças construtivas dos poços, ou ambas. Considerando, com base na análise estatística, um rebaixamento médio de 31 m, e vazões específicas média de 0,19 l/s/m e máxima de 0,87 l/s/m, um poço com estas características produziria, respectivamente, 21 m³ e 97 m³ de água por hora.

TRABALHOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

GEOLOGIA

A área de estudo está inserida no domínio lito-estrutural denominado de Complexo Belo Horizonte, constituído por rochas gnáissicas de idade arqueana, parcialmente remobilizadas e migmatizadas, e geralmente recobertas pelos depósitos das Formações Superficiais. O perfil geológico típico da área, na região da várzea do Córrego do

Engenho Nogueira, é constituído por (da base para o topo): substrato cristalino são; manto de intemperismo; e depósitos aluviais e coluviais recentes.

O substrato cristalino não aflora na área, sendo caracterizado a partir de amostras de subsuperfície. Ocorre a cerca de 45 m de profundidade, predominando gnaisses, freqüentemente interceptados por intrusões de rochas metabásicas. O manto de intemperismo, arenoso a areno-argiloso, possui em média 30 m de espessura. Verificou-se a presença dos depósitos aluviais até 15 m de profundidade. Estes depósitos apresentam textura argilo-arenosa a areno-argilosa, sendo comum a presença de espessas lentes de argila de coloração cinza a negra, ricas em matéria orgânica.

A fotointerpretação apontou a presença de fotolineamentos indicativos da presença de zonas de fraqueza no substrato cristalino e do controle estrutural da drenagem.

ESTIMATIVA DE RECARGA PLUVIAL

Para o período analisado (dezembro/1995 a novembro/1996) e considerando os dados mensais de precipitação e de excedente de água, respectivamente introduzidos e calculados no balanço hídrico (método de Thorntwaite), e um escoamento superficial mensal da ordem de 20 % da precipitação verificada no mês, conforme proposto por Freeze & Cherry (1979), estimou-se uma recarga pluvial anual para o aquífero da ordem de 600 mm, o que corresponde a uma taxa anual de recarga em torno de 30 % da precipitação verificada no período. Este valor se aproxima dos valores de recarga calculados por Raposo (1997) e por Oliveira (1997), para terrenos com características semelhantes.

HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE E SISTEMA DE DRENOS

A área de interesse está situada na bacia do córrego do Engenho Nogueira, com cerca de 6,5 km², dos quais aproximadamente 2,5 km² estão inseridos na área de estudo, 3,5 km² encontram-se à montante e os 0,5 km² restantes à jusante desta. No interior da área o córrego escoar por um trecho de aproximadamente 2500 m, dos quais os primeiros 1000 m ainda não estão canalizados, como ilustrado na Figura 1. Os terrenos da cidade universitária são cortados por um sistema de drenos que exercem influência significativa sobre a configuração do fluxo do manancial subterrâneo.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS E PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

Individualizou-se na área de estudo um aquífero do tipo fissural, composto pelas rochas fraturadas do Complexo Belo Horizonte, e um poroso granular, o qual denominou-se de Aquífero do Engenho Nogueira, sobreposto ao anterior e constituído pelas rochas inconsistentes do manto de intemperismo e pelos depósitos aluviais e colúviais das Formações Superficiais. Estes aquíferos parecem estar em íntima comunicação hidráulica, constituindo um sistema aquífero único, livre, heterogêneo e anisotrópico, do tipo misto, isto é, poroso granular na sua porção mais superficial, e fissural nas rochas fraturadas do embasamento. Dentro do domínio do Aquífero do Engenho Nogueira, no extremo norte da área, foi identificada uma zona argilosa, aluvial, de dimensões significativas que deve atuar como um aquífero local.

O aquífero poroso granular apresenta textura arenosa a argilo-arenosa e tem cerca de 45 m de espessura média na região da várzea do córrego do Engenho Nogueira. O aquífero fissural não aflora na área, e sua existência foi verificada pela presença de fraturas abertas e saturadas em água, interceptadas durante a perfuração dos poços tubulares.

Para o cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos, empregou-se os métodos da Recuperação de Theis, para os ensaios em poço único, e o de Neuman, para o ensaio com poço de observação. Obteve-se para a transmissividade o valor médio de $16 \text{ m}^2/\text{dia}$, que é um valor baixo, característico de aquíferos com baixa capacidade de produção de água.

O valor médio obtido para a condutividade hidráulica horizontal foi de $5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, cerca de 100 vezes maior que o valor calculado para a condutividade hidráulica vertical, $5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$, que é semelhante ao obtido por Segura (1997). Este grau de anisotropia reflete a heterogeneidade do sistema aquífero, e indica uma subhorizontalização das descontinuidades texturais ou dos bandamentos composicionais, o que é esperado. Para a produção específica (S_y) obteve-se o valor de 0,09 ou 10^{-1} .

ESTIMATIVAS DE RESERVAS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Para o aquífero poroso granular, dentro dos limites da área de estudo, estimou-se uma reserva de água subterrânea da ordem de 10 milhões de metros cúbicos, segundo as seguintes considerações: área total de 2,5 milhões de metros quadrados; porosidade eficaz ou produção específica de 0,1; espessura média da zona saturada do aquífero poroso granular de 40 m. Este valor foi obtido pela diferença entre o valor da espessura

total média calculada para este aquífero, 45 m, e a profundidade média de 5 m, calculada para o nível freático.

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

Com base nos trabalhos desenvolvidos e mencionados anteriormente, foi-se construindo, passo a passo, o modelo conceitual da bacia hidrogeológica experimental do Engenho Nogueira, à medida que eram obtidas informações referentes aos parâmetros hidrodinâmicos, a configuração geológica/hidrogeológica, os limites do sistema aquífero e os dados de contorno (rio, dreno, recarga), etc. Com a finalidade de permitir uma visão integrada de todas estas informações, apresenta-se na Figura 2 uma representação gráfica sinóptica do modelo conceitual, sob a forma de bloco diagrama.

CONCLUSÕES

O modelo conceitual elaborado neste trabalho foi desenvolvido com base nos dados disponíveis até o momento. Portanto tem suas limitações. Mesmo assim ele vem contribuir na avaliação das interações hidrogeológicas, hidrológicas e hidrometeorológicas propostas.

O sistema hidrogeológico local é composto por um aquífero fissural sotoposto, e em íntima comunicação hidráulica, a um aquífero poroso granular. Ambos constituem um só aquífero, do tipo misto, livre e heterogêneo. Durante a perfuração dos poços tubulares constatou-se que de forma geral o aquífero poroso granular tem uma participação mais significativa na produção de água do que o aquífero fissural.

O trabalho traz uma contribuição para o melhor conhecimento dos sistemas aquíferos mistos constituídos por rochas cristalinas fraturadas sotopostas a espesso manto de intemperismo. Este tipo de sistema aquífero tem grande importância hidrogeológica no Brasil, pois abrange cerca de 4 milhões de km², correspondendo à aproximadamente 50% da área do território nacional, armazenando em torno de 10 mil km³ de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO FILHO, C. A. de 1997 – Caracterização Hidrogeológica da Bacia Hidrográfica do Campus da UFMG, Belo Horizonte/MG. Universidade Federal de Minas Gerais, DESA, Dissertação de Mestrado, 162p.
- FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A. 1979 - Groundwater. Prentice Hall, Inc. U.S. 604p.

RAPOSO, C. 1997 - Estimativa de Recarga de Água em Zona não Saturada de Solos Utilizando o Trítio Artificial como Traçador. Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 110p.

SEGURA, J. E. S. 1997 - Avaliação da Vulnerabilidade da Água Subterrânea À Contaminação com Praguicidas. Universidade Federal de Minas Gerais, DESA, Dissertação de Mestrado, 120p.

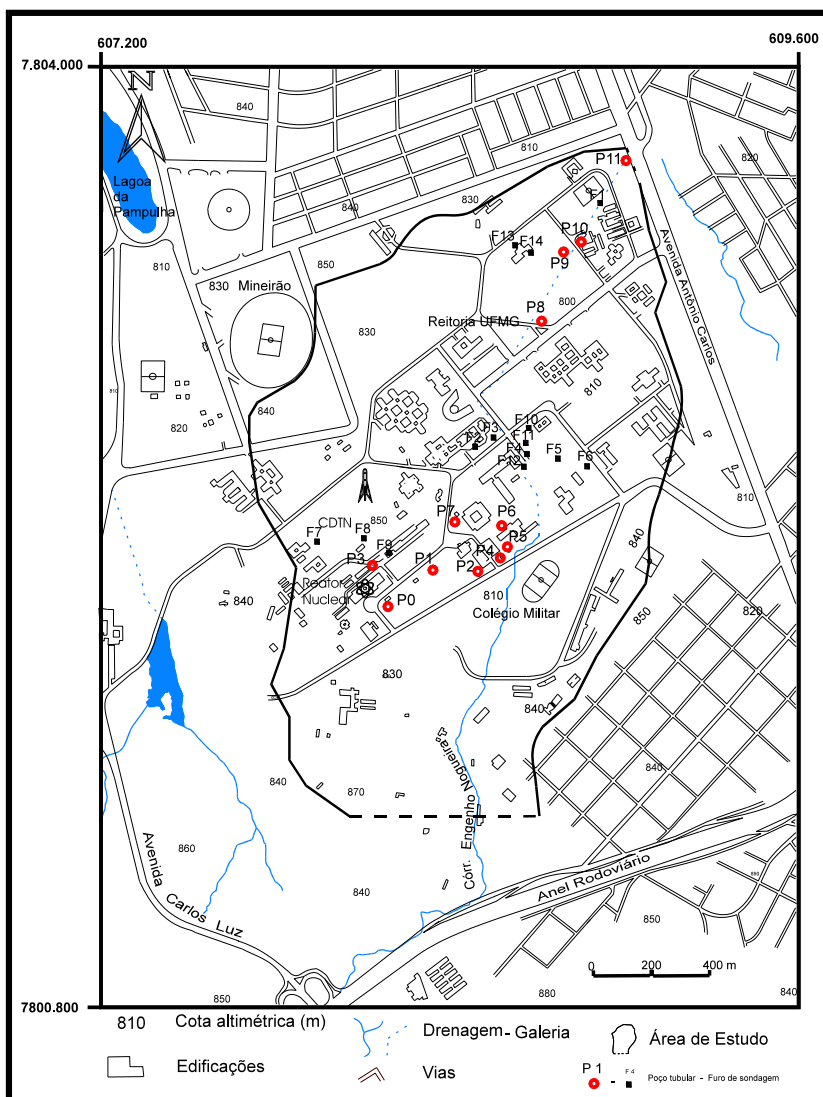


Figura 1 - Mapa de situação da área

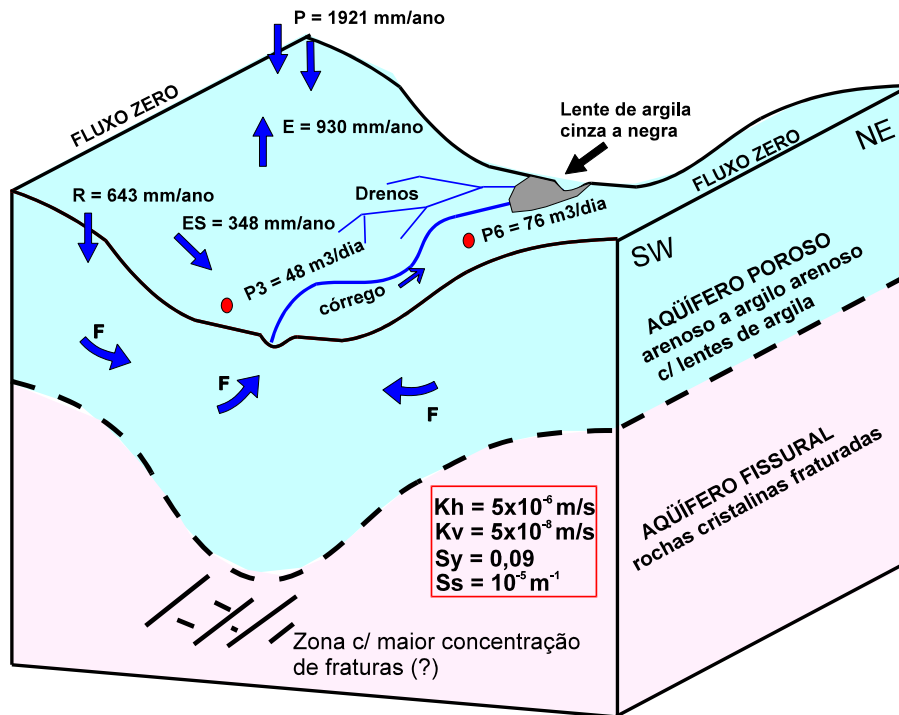


Figura 2 - Representação sinóptica do modelo conceitual, onde K_h = condutividade hidráulica horizontal, K_v = condutividade hidráulica vertical, S_y = produção específica, S_s = armazenamento específico, F = fluxo provável da água subterrânea, R = recarga, ES = escoamento superficial, E = evapotranspiração, P = precipitação, $P3$ e $P6$ são poços tubulares. Observação: não se teve preocupação com a proporcionalidade entre as dimensões.