

# COMPORTAMENTO DO AQUÍFERO FISSURAL NA MICROBACIA DO CÓRREGO DA CACHOEIRA, MUNICÍPIO DE VINHEDO (SP)

MIRNA A. NEVES<sup>1</sup>; SUELI YOSHINAGA PEREIRA<sup>2</sup> & NORBERTO MORALES<sup>3</sup>

**Resumo** - Em aquíferos fissurais, a correlação entre produtividade de poços e estruturas geológicas rúpteis (falhas e fraturas) está intimamente ligada à evolução tectônica regional, responsável pela geração de descontinuidades capazes de transportar e armazenar água. Este trabalho apresenta uma análise dos dados de poços tubulares profundos relacionando os resultados com a caracterização geológico-estrutural realizada na região. A metodologia de trabalho envolve a digitalização e análise morfológica da topografia do terreno, o traçado dos lineamentos de relevo e drenagem, a plotagem dos poços em mapa e o tratamento estatístico dos dados de profundidade, vazão e capacidade específica dos poços. Os poços situados na área apresentam vazão média de 11,0 m<sup>3</sup>/h, capacidade específica média de 0,18 m<sup>3</sup>/h/m e profundidade média de 170 metros. Os poços mais produtivos estão localizados junto a lineamentos de direção N-S a NNW-SSE e posicionados no lado oeste dos mesmos. Tais lineamentos se associam com feições de relevo assimétrico e à presença de coberturas inconsolidadas. Estas feições são vinculadas à atuação da Neotectônica, que promove a reativação de estruturas antigas, a formação de estruturas novas e a distribuição de coberturas sedimentares, parâmetros importantes para o transporte e acumulação da água subterrânea em terrenos cristalinos.

**Abstract** - The correlation between productivity of wells and brittle geologic structures (faults and fractures) in fractured massifs is intimately associated to the regional tectonic evolution, responsible for the generation of structures capable to transport and to store groundwater. This paper shows an analysis of deep tubular wells data relating the results with geologic-structural characterization developed in the area. The methodology involves digitalization and morphologic analysis of topography, relief and drainage lineaments, the plotting of wells in map and the statistical analysis of depth data, discharge and specific capacity. In this area, the wells have a discharge average of 11,0 m<sup>3</sup>/h, specific capacity average of 0,18 m<sup>3</sup>/h/m and depth average of 170 meters. The most productive wells are sited close to lineaments with striking N-S to NNW-SSE and positioned at the west side of them. Such lineaments are associated to relief and valley asymmetries and the presence of sedimentary coverings. These features are linked to the performance of Neotectonics, which

<sup>1</sup> UNESP/IGCE/Curso de Pós-Graduação em Geociências: Rua 18-A, 45, Bela Vista, Rio Claro (SP), CEP 13506-750

<sup>2</sup> UNICAMP/Instituto de Geociências: Cid. Universitária Zeferino Vaz; Cx.Postal 6152, Campinas (SP) CEP 13083-970

<sup>3</sup> UNESP/IGCE/Depto. de Petrologia e Metalogenia: Av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro (SP), CEP 13506-900

promotes the reactivation of old structures, the formation of new structures and the distribution of sedimentary coverings, important parameters for the transport and accumulation of groundwater.

**Palavras-chave:** Aquíferos Fissurais, Geologia Estrutural.

## INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, a maior concentração sócio-econômica está estabelecida em terrenos cristalinos, ou seja, sobre aquíferos fraturados. Assim, os poços ali perfurados têm importância relevante, principalmente quando se considera a atual situação de degradação dos recursos hídricos superficiais e os problemas de interferência e rebaixamento do nível d'água que têm sido observados nos locais onde a exploração de água subterrânea é muito intensa.

Nos aquíferos fraturados, as condições de armazenamento e circulação de água são extremamente heterogêneas e as vazões obtidas em poços tubulares profundos variam de nulas a muito altas, dependendo do arcabouço geológico-estrutural dos litotipos presentes e da locação dos poços em relação às estruturas geológicas.

Muitos trabalhos já foram conduzidos no sentido de vincular a produtividade de poços tubulares com seu posicionamento em relação aos lineamentos estruturais. Porém, a maior parte deles apresenta restrições, uma vez que classificam as falhas e fraturas como pertencentes apenas à evolução pré-cambriana, sem considerar a Evolução Tectônica Fanerozóica e, principalmente, a Neotectônica que, comprovadamente, gera uma grande quantidade de estruturas rúpteis e afeta as características daquelas preexistentes.

Este trabalho consiste em um “ensaio” para correlacionar a produtividade de poços tubulares profundos com os lineamentos estruturais definidos na área, vinculando os resultados à evolução tectônica regional. Como área piloto, foi escolhido o município de Vinhedo, pela disponibilidade de dados e por se passar ali problemas de escassez hídrica, havendo risco de superexploração do aquífero.



## **SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA**

No Brasil e no mundo, apesar de ser antiga a exploração de água subterrânea em terrenos cristalinos, a pesquisa orientada no sentido de obter melhores resultados na captação desses aquíferos não tem avançado muito. Embora alguns estudos tenham mostrado que a análise da geologia estrutural possibilita melhores resultados na produção de poços tubulares, a experiência brasileira é ainda bastante restrita.

Muitos estudos em aquíferos fraturados têm utilizado análises de sensores remotos associadas a técnicas de SIG (Sistemas de Informação Geográfica) para vincular produtividade de poços com estruturas geológicas. Outra ferramenta bastante utilizada na definição do fraturamento em subsuperfície é a geofísica; métodos como a sondagem elétrica vertical e a sísmica podem auxiliar na definição destas feições.

A maioria dos trabalhos consultados estuda o fraturamento em aquíferos cristalinos sob o ponto de vista da Mecânica das Rochas ou utilizando métodos de Análise Estrutural mais antigos, sem separar os eventos que deram origem às estruturas. O regime tectônico sob o qual elas se formaram tem importância relevante neste tipo de análise, uma vez que a formação de estruturas abertas ou fechadas dependerá do arranjo de esforços na movimentação da placa litosférica, bem como da distribuição local em zonas de fraqueza preexistentes.

### **Caracterização geral dos aquíferos fraturados**

Por suas características litológicas, as rochas cristalinas se constituem em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas. A porosidade intersticial destas rochas é muito reduzida, ficando sua permeabilidade restrita às condições de percolação através dos planos de descontinuidades (Rebouças 1978, Costa 1980). Desta forma, a vazão obtida em cada poço tubular está relacionada ao número e às condições de abertura das fraturas atravessadas pelas perfurações.

Além da rocha fraturada, outra importante subzona aquífera presente em aquíferos fraturados situados em clima úmido é o manto de intemperismo, que atua como aquífero de porosidade granular. Para Fernandes (1997), o termo manto inconsolidado é mais apropriado, já que estes horizontes podem envolver tanto materiais produzidos pelo intemperismo da rocha subjacente, como depósitos formados por coluvionamento e outros processos sedimentares. Este manto influi nas condições de circulação, armazenamento e infiltração das águas subterrâneas destas regiões, estando sua distribuição vinculada à fisiografia.

Cavalcante (1990) aponta o manto de intemperismo da região de Atibaia (próximo à área aqui estudada) como uma importante zona aquífera, cujas espessuras variam de 20 a 40 metros, podendo alcançar os 60 metros. Apesar dos baixos valores de condutividade hidráulica, suas espessuras fazem

com que apresente uma média transmissividade, tornando-o potencialmente capaz de produzir boas vazões. Estas camadas funcionam como zona de recarga para o aquífero fraturado, fato comprovado pelo aumento crescente da concentração iônica das águas dos poços escavados (que exploram o manto de intemperismo) para as águas dos poços tubulares (que exploram o meio fraturado), constatando-se a interligação entre esses dois meios aquíferos.

Nesta região, as vazões são geralmente inferiores a 10 m<sup>3</sup>/h (90%), predominando valores de 0,3 a 5 m<sup>3</sup>/h (55%) (Cavalcante 1990; Cavalcante & Rebouças 1992). Não existe critério definido entre vazão e profundidade do poço e, normalmente, os poços mais profundos estão localizados em áreas de recarga, apresentando vazões abaixo de 2 m<sup>3</sup>/h. Os poços efetivamente localizados sobre lineamentos de fraturas possuem vazão média de 7,9 m<sup>3</sup>/h, com mínima de 3,2 m<sup>3</sup>/h e máxima de 18 m<sup>3</sup>/h, e capacidade específica média de 0,213 m<sup>3</sup>/h/m.

Quanto às características químicas, as águas do aquífero cristalino do Estado de São Paulo são consideradas bicarbonatadas cálcicas em sua maioria (33%), seguidas das bicarbonatadas cálcicas-sódicas (24%) e das bicarbonatadas sódicas (11%) (Campos 1993). As temperaturas variam de 16,00 a 21,30° C, os teores salinos são inferiores a 250 mg/L e o pH varia de 5,61 a 8,96. Na região de Jundiaí, Bertachini (1987) caracteriza as águas subterrâneas como fortemente bicarbonatadas, em geral mistas ou com um pequeno predomínio de cálcio. São pouco mineralizadas, com resíduo seco inferior a 300 mg/L. Cavalcante et al. (1991) determinam valores de pH entre 4,5 e 6,0 para as águas extraídas dos poços escavados e 5,5 a 8,0 para as dos poços tubulares.

### **Fatores Controladores dos Aquíferos Fraturados**

O comportamento hidráulico dos diferentes tipos de rochas cristalinas é muito variável e depende muitas vezes de fatores externos à sua própria composição.

O clima é um fator importante, pois controla a alteração superficial da rocha e a criação do manto permeável, bem como a formação de materiais de preenchimento pouco permeáveis nas fraturas (Custodio & Llamas 1996). Sua influência também se reflete na quantidade e na qualidade da água, interferindo na recarga dos aquíferos e na salinização das águas, como acontece na região Nordeste do Brasil (Costa 1980).

O tipo litológico exerce influência sobre os padrões de fraturamento e na formação do manto de intemperismo. Rochas básicas (gabros, dioritos etc) desenvolvem mantos de alteração menos permeáveis do que rochas ácidas (gnaisse, granitos etc), devido à maior quantidade de minerais que se alteram para argilas no primeiro tipo (UNESCO 1984, *in* Fernandes 1997). O padrão de fraturamento varia de acordo com o comportamento reológico da rocha; por exemplo, os granitos tendem a apresentar zonas intensamente fraturadas separadas por blocos maciços (Gustafsson &

Krásný 1994). Porém, para Banks et al. (1994), o fator litologia não é o mais importante, uma vez que podem ser obtidas vazões muito elevadas ou muito baixas em um mesmo tipo de rocha.

Alguns trabalhos consideram também a influência da topografia, pois muitos poços tubulares situados em vales são mais produtivos do que aqueles situados no topo das encostas. Henriksen (1996) afirma que áreas planas, mesmo as topograficamente elevadas, podem ser mais produtivas devido à presença de coberturas superficiais mais espessas, além de receberem maiores recargas. Porém, outros autores (Yin & Brook 1992, Knopman & Hollyday 1996) não consideram a topografia um fator importante, influenciando em menos de 10% das variações observadas.

Entretanto, o fraturamento é considerado o fator mais decisivo para a circulação de água em rochas de baixa porosidade primária, onde o fluxo é influenciado pela densidade, conectividade e abertura das fraturas (Fernandes 1997). A presença de brechas de falha ou de material fragmentado nestas estruturas (cataclasitos) também pode ser responsável por manter uma condutibilidade hidráulica elevada (DAEE 1972).

A formação de fraturas abertas (fraturas de tração) está ligada à evolução tectônica regional. Assim, a análise do cenário tectônico e geológico é fundamental para o estudo de aquíferos fraturados pois condiciona a presença, o tipo e a orientação das fraturas (Costa 1980, 1986; Bertachini 1987; Del Rey 1991; Menegasse 1991; Fernandes 1997). A distribuição de áreas recobertas por manto inconsolidado também parece estar controlada por fatores tectônicos mais recentes, ou seja, vinculados à atuação da Neotectônica (Neves 1999, Neves et al. 1998).

Para avaliar a produtividade dos poços, o procedimento mais comum adotado nos trabalhos consultados é o de correlacionar a localização de poços mais produtivos com sua proximidade a lineamentos geológicos. Outros fatores utilizados nesta correlação, além dos lineamentos, são a densidade de fraturas e a declividade do terreno.

Na área de Jundiaí, Bertachini (1987, 1988) aplica o modelo de deformação de Riedel, para definir um método previsional de produção de águas subterrâneas através de poços tubulares baseado no entendimento de estruturas geológicas. Neste estudo, a direção que apresenta maior valor de capacidade específica média é a N45°E, seguida pelos lineamentos N85°W, N50°W a N30°W, N10°W a N10°E e N65°E.

Na porção nordeste do Estado de São Paulo, Del Rey (1991) constata que os poços localizados em relação a fraturas direcionadas em N10°-40°E e N60°-80°E apresentam, em média, vazões três vezes maiores do que se registram em outras direções e capacidades específicas duas vezes superiores. Estas estruturas teriam se originado por esforços orientados segundo N10°W sub-horizontal (distensivo), N80°E sub-horizontal (compressivo) e um terceiro subvertical (intermediário). O arranjo estrutural encontrado, pelas similaridades direcionais que apresenta com o

das bacias de Resende e Itaquaquetuba, pode estar relacionado à gênese destas bacias, ou seja, eventos vinculados ao contexto da Neotectônica.

Na região de Campinas, Fernandes (1997) analisa a produção de poços de água subterrânea, vinculando seu posicionamento em relação a lineamentos estruturais e domínios tectônicos, onde considera os eventos tectônicos rúpteis mais atuantes em pequenas áreas pré-selecionadas. Os lineamentos relacionados às maiores produções são os de direção NW, NNE e, subordinadamente, EW. Cada um destes conjuntos estaria associado a um evento tectônico diferente, onde as fraturas de tração são paralelas à direção de  $\sigma_1$  (esforço compressivo) e perpendicular a  $\sigma_3$  (esforço distensivo). Na análise dos domínios tectônicos, foi encontrada uma forte correlação entre os poços mais produtivos e os lineamentos paralelos a  $\sigma_1$  e perpendiculares a  $\sigma_3$  do evento deformacional preponderante no domínio considerado. Nos domínios onde não foi possível identificar o evento preponderante, não há correlação entre uma dada direção de lineamento e os valores de capacidade específica.

## **GEOLOGIA REGIONAL**

Na área de Vinhedo, o embasamento cristalino abrange rochas pertencentes ao Complexo Amparo, definido regionalmente por Hasui et al. (1981) como gnaisses com grau variado de migmatização associados a migmatitos e intercalações de quartzitos, xistos, anfibolitos, gonditos e metaultrabasitas. Alguns destes litotipos são considerados por outros autores como pertencentes ao Complexo Itapira (Santoro 1985; Batista et al. 1986; Hackspacher et al. 1989, 1996), definido como uma seqüência de para-gnaisses diversos, quartzitos, xistos, metarcósios e anfibolitos com incrustações de ortognaisses pertencentes ao Complexo Amparo. Ocorrências de corpos granodioríticos a graníticos são muito comuns na região.

A sul-sudoeste da região enfocada, ocorrem importantes estruturas geológicas pré-cambrianas: as falhas do Pirai, do Cururu e de Cachoeira, que se ramificam a partir da falha de Jundiuvira sob a forma de um hemi-leque (Hasui et al. 1978). Tais estruturas estão incluídas no conjunto de falhas transcorrentes e zonas de cisalhamento que controlam a estruturação do embasamento e condicionam a formação das bacias terciárias e os traços gerais do relevo atual (Hasui et al. 1977).

Neves (1999) estuda a evolução cenozóica da região de Jundiáí, mostrando a compartimentação da área em blocos delimitados por falhamentos antigos reativados. Os falhamentos de direção NW-SE são considerados, em sua maioria, como do tipo normal, associados à formação de escarpas de falhas alinhadas originadas por reativação de planos preexistentes por partição da deformação. Os falhamentos N-S e E-W são considerados mais recentes, estando refletidos nos depósitos cenozóicos e no controle da rede de drenagem. Estas estruturas estão

vinculadas à atuação de um binário transcorrente dextral de direção E-W, associado à migração da Placa Sul-Americana para oeste.

## HIDROGEOLOGIA DA ÁREA

Os dados cadastrais utilizados neste trabalho foram extraídos do relatório Walm (1999) e do RAE (Relatório de Avaliação de Eficiência) para regularização do direito de uso dos recursos hídricos (Mariano 2001). Este cadastro refere-se a toda a área do Município, sendo que 39 poços situam-se na microbacia do Córrego da Cachoeira (figura 2).

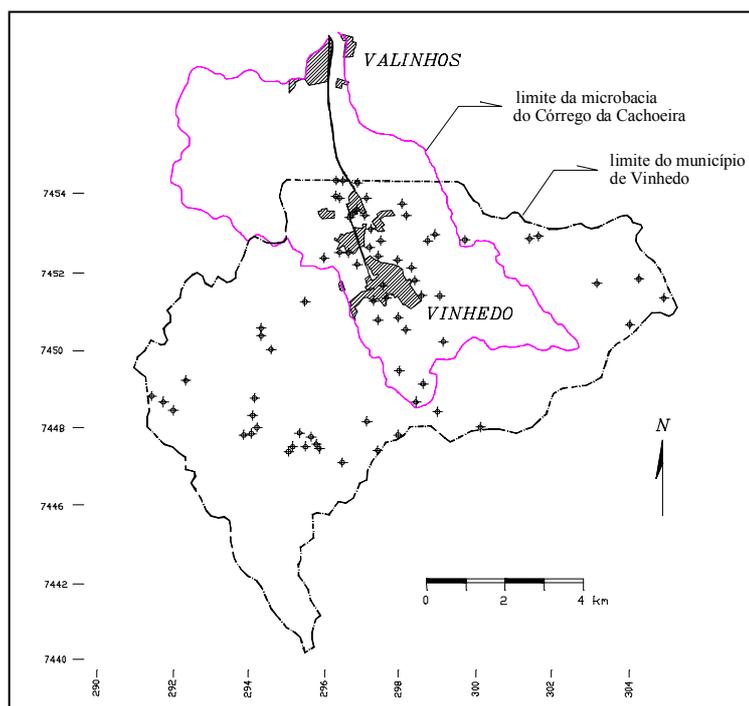


Figura 2: Localização dos poços no município de Vinhedo.

## **Análise na área do Município**

Inicialmente, em caráter experimental, os dados dos poços cadastrados foram inseridos no programa Surfer (*Golden Software*), com as coordenadas UTM, a profundidade do poço, vazão e capacidade específica. A primeira dificuldade surge com a distribuição irregular dos dados, o que dificulta a construção dos mapas de isolinhas. Além disso, as áreas do município e da bacia são irregulares, sendo que o Surfer considera apenas áreas retangulares. Outro problema é o fato de o cadastro se referir aos poços que se situam dentro da área do município, mas esta área não corresponde à área da bacia de drenagem e, conseqüentemente, existem áreas dentro da bacia com ausência de dados.

Apesar destas restrições, foram construídos mapas de isolinhas para todas as variáveis analisadas (figura 3). Utilizou-se três métodos estatísticos de interpolação: inverso do quadrado da distância, krigagem e mínima curvatura para efeito de comparação e escolha daquele que melhor representa a distribuição espacial dos dados. Adotou-se a krigagem como o melhor método, pois com ele a distribuição não se torna tão concentrada em torno dos pontos como no primeiro método nem tão regionalizada como no último.

Os círculos correspondem aos pontos de amostragem (poços) e seu diâmetro é proporcional à grandeza analisada. Assim, percebe-se que a profundidade dos poços é em geral alta, com apenas alguns poços mais rasos, ficando o valor médio em 169,6 metros. A vazão e a capacidade específica mostram distribuições bastante semelhantes, mas não se percebe uma tendência generalizada, estando, aparentemente, os poços mais produtivos distribuídos aleatoriamente. A vazão média é de 11,45 m<sup>3</sup>/h e a capacidade específica média é de 0,19 m<sup>3</sup>/h/m. Comparando-se os mapas de iso-profundidade dos poços com os de vazão e capacidade específica, percebe-se também que a profundidade não está vinculada com as melhores vazões.

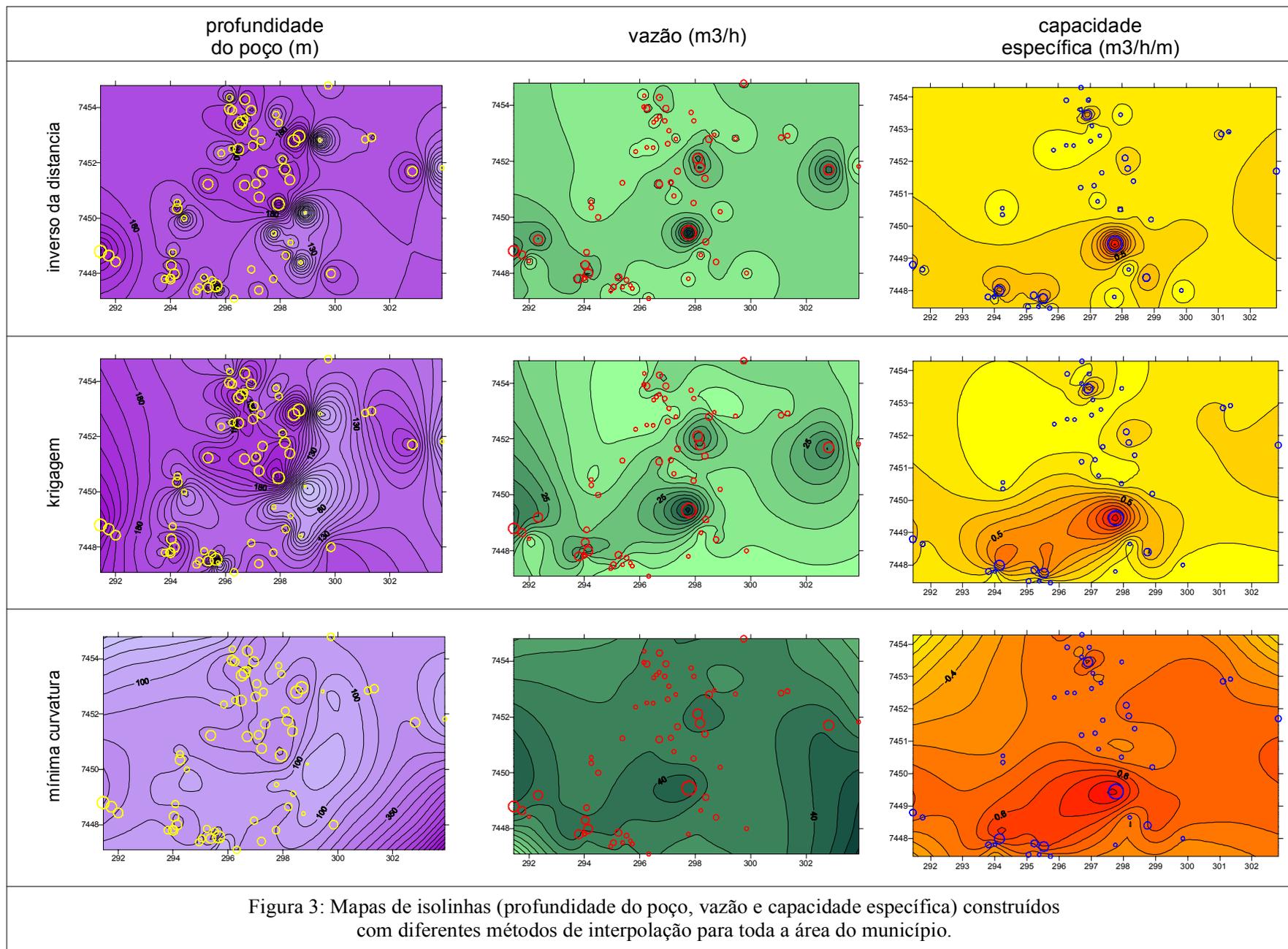


Figura 3: Mapas de isolinhas (profundidade do poço, vazão e capacidade específica) construídos com diferentes métodos de interpolação para toda a área do município.

## **Análise na área da microbacia do Córrego da Cachoeira**

Na tentativa de se analisar os dados de forma mais detalhada e vinculando-os com o relevo e a litologia, foram separados os poços situados na microbacia do Córrego da Cachoeira. O mapa topográfico e de drenagem da sub-bacia foram extraídos de bases cartográficas 1:10.000 e, sobre eles foram plotados os poços tubulares ali inseridos (figura 4). Foram também construídos mapas de isolinhas para a profundidade, vazão e capacidade específica (figuras 5, 6 e 7).

Na área da microbacia, a profundidade média dos poços é de 178,3 m; a vazão média é de 10,83 m<sup>3</sup>/h e a capacidade específica média de 0,17 m<sup>3</sup>/h/m. Neste caso também se percebe que a profundidade dos poços está totalmente desvinculada das melhores vazões. Pelo contrário, o poço que apresenta a melhor produtividade (18e), com capacidade específica de 1,222 m<sup>3</sup>/m/h, está entre os de menor profundidade (85 m). Os outros poços com capacidade específica acima de 0,2 m<sup>3</sup>/m/h são os de número 5, 6 e 7e.

A digitalização das curvas de nível possibilitou também o traçado dos lineamentos de relevo e de drenagem, além da visualização dos padrões de relevo (figura 8). O diagrama de frequência acumulada mostra a predominância de lineamentos de direção N-S, E-W e, subordinadamente, NW-SE e NE-SW. O diagrama de comprimento acumulado mostra lineamentos mais contínuos nas direções N-S, NW-SE e E-W.

Os poços mais produtivos desta sub-bacia, ou seja, os poços 18e, 7e, 5 e 6, estão situados próximos aos lineamentos de direção N-S a NNW-SSE, sempre do lado oeste dos mesmos. Estes lineamentos são marcados por escarpas de falhas associadas a uma notória feição morfológica das encostas, onde uma vertente mais íngreme se opõe a outra com declividade consideravelmente menor. Estas feições já foram descritas por Neves (1999) na região de Jundiá, imediatamente a sul do município de Vinhedo. A assimetria da drenagem, ao longo dos lineamentos, também aponta neste sentido.

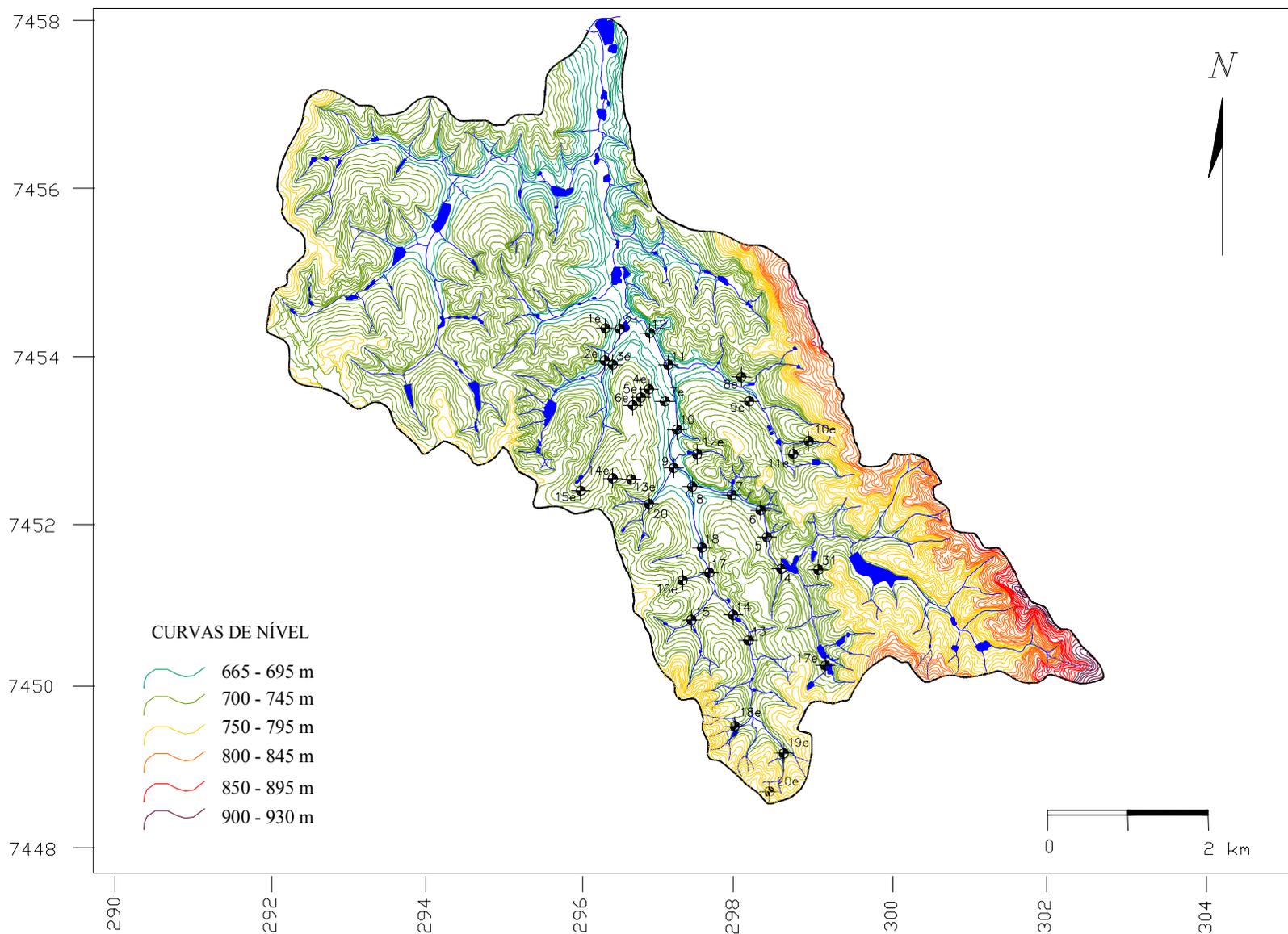


Figura 4: Localização dos poços cadastrados na microbacia do Córrego da Cachoeira.

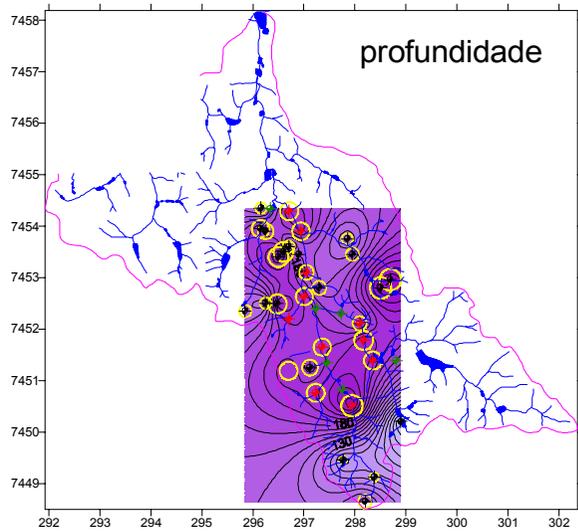


Figura 5: Distribuição da profundidade dos poços na microbacia do Córrego da Cachoeira.

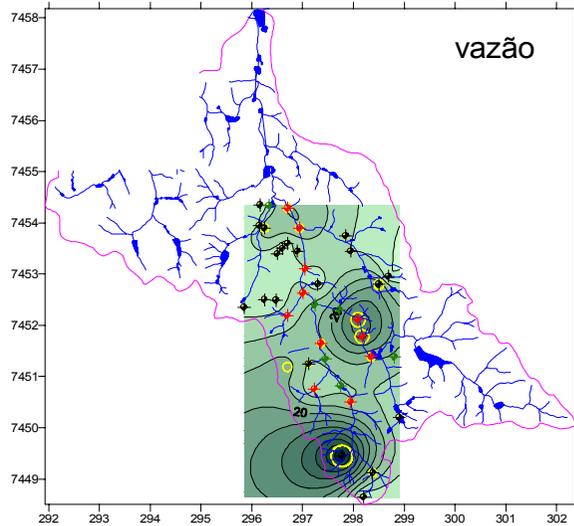


Figura 6: Distribuição da vazão dos poços na microbacia do Córrego da Cachoeira.

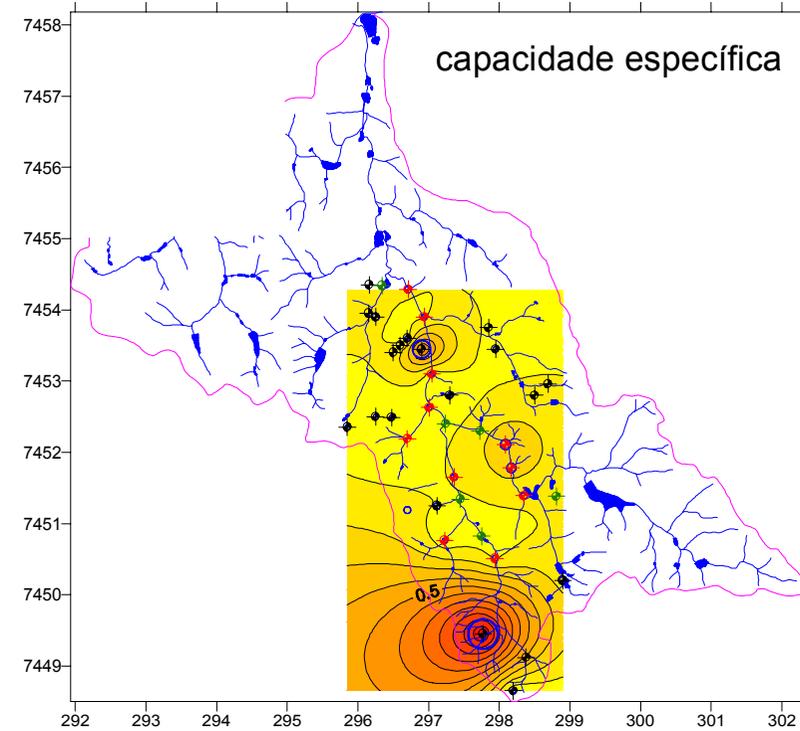


Figura 7: Distribuição da capacidade específica dos poços na microbacia do Córrego da Cachoeira.

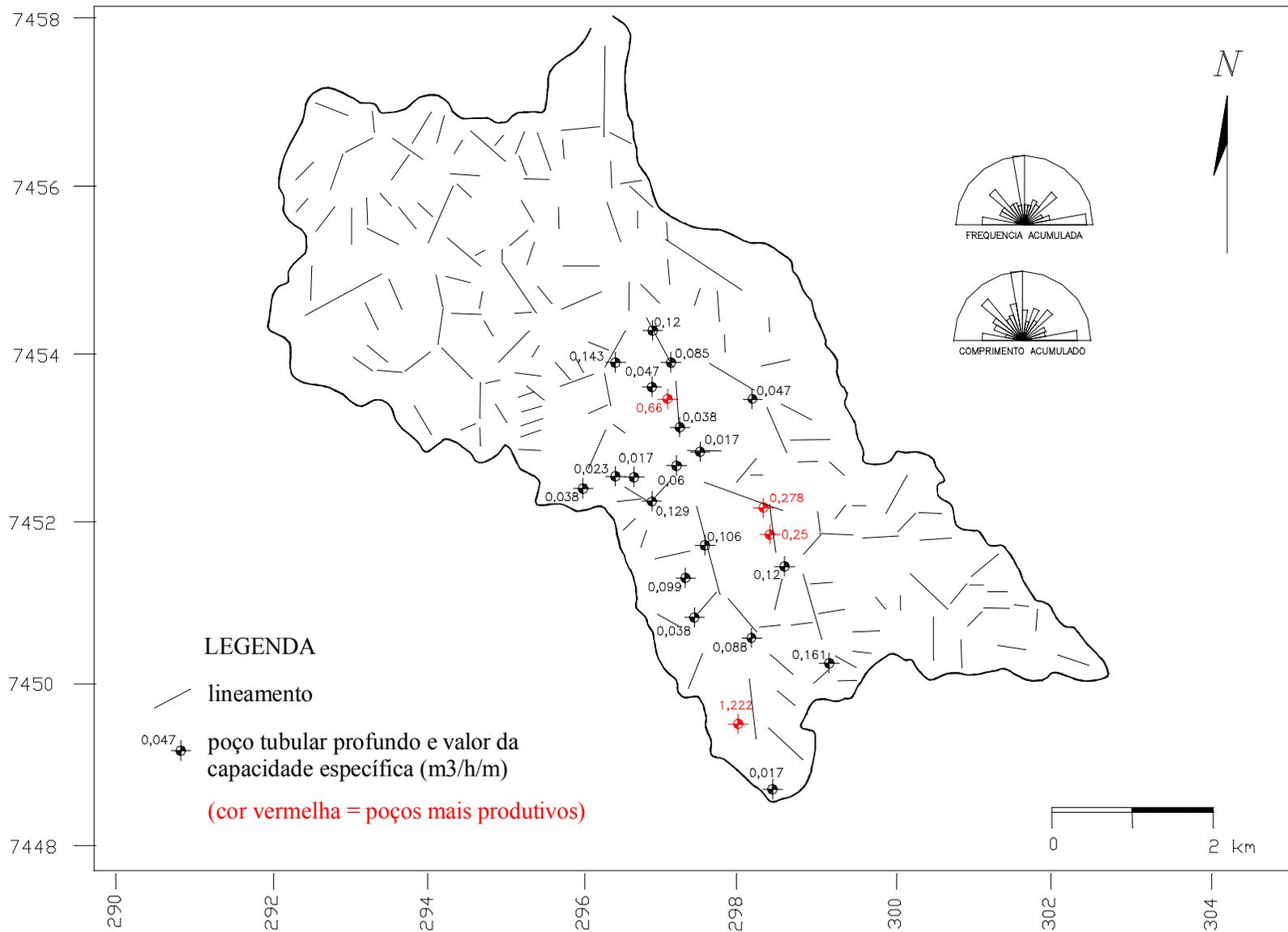


Figura 8: Mapa de lineamentos e diagramas de rosetas da microbacia do Córrego da Cachoeira.

## CONCLUSÕES

Os poços tubulares que exploram o aquífero cristalino no município de Vinhedo apresentam vazão média de 11,0 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média de 0,18 m<sup>3</sup>/h/m. A profundidade média dos poços fica em torno de 170 metros, sendo este parâmetro totalmente desvinculado da produtividade, uma vez o poço mais produtivo da área (capacidade específica = 1,22 m<sup>3</sup>/h/m) é também um dos mais rasos (profundidade = 85 metros).

Analisando as relações dos poços mais produtivos com o mapa topográfico e de lineamentos, percebe-se que os poços mais produtivos estão situados próximos a lineamentos N-S a NNW-SSE e sempre posicionados no lado oeste dos mesmos. Estes lineamentos se associam a uma feição morfológica do terreno onde, de um lado da encosta tem-se uma vertente mais íngreme e do lado oposto uma vertente de declividade mais suave.

Tais feições já foram descritas na região de Jundiá e interpretadas como sendo correspondentes a escarpas de falhas normais formadas por reativação de discontinuidades preexistentes (Neves 1999). Na vertente mais íngreme, ou seja, na escarpa de falha, afloram gnaises do embasamento cristalino e a vertente oposta, com textura e declividade mais suave, é recoberta por coberturas coluvionares (figura 9). Estas coberturas são controladas por lineamentos estruturais que compartimentam também o relevo, ou seja, por feições estruturais neoformadas ou planos antigos reativados pela movimentação Neotectônica.

Assim, é possível que os poços mais produtivos da microbacia do Córrego da Cachoeira estejam explorando discontinuidades abertas pela atuação de falhamentos normais de direção N-S, ligados à atuação da Neotectônica, situação esta que deverá ser investigada de forma mais acurada nos próximos trabalhos.

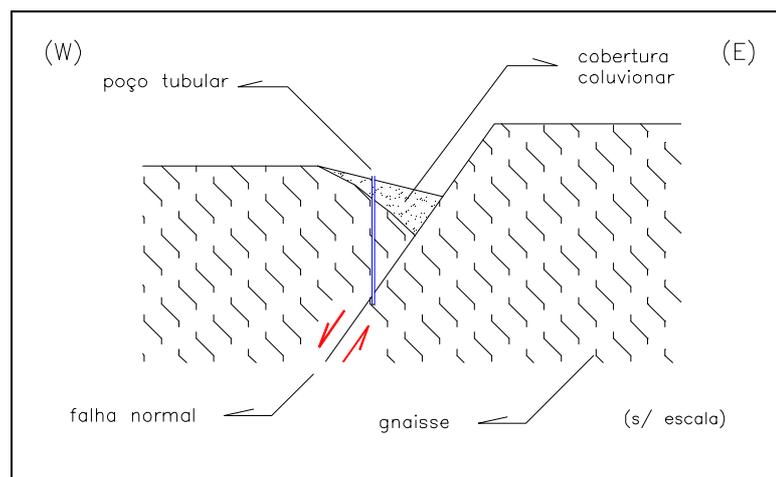


Figura 9: Modelo adotado para o controle estrutural sobre a produtividade dos poços.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, J.J. et al. - 1986 - *Carta Geológica do Estado de São Paulo (1:50.000): Folha Jundiaí*. Convênio SICCT/PRÓ-MINÉRIO-IGCE/UNESP, Rio Claro, Relatório Final, v.1, texto, 115 p.
- BERTACHINI, A.C. - 1987 - *Estudo das Características Hidrogeológicas dos Terrenos Cristalinos sob Clima Úmido, na região de Jundiaí, em São Paulo*. Dissertação de Mestrado, IG/USP, São Paulo, 104 p.
- BERTACHINI, A.C. - 1988 - Análise dos condicionantes estruturais dos aquíferos fraturados: aplicação à região de Jundiaí (SP). In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 5, *Anais....* São Paulo, ABAS, p. 12-21.
- CAMPOS, H.C.N.S. - 1993 - *Caracterização e Cartografia das Províncias Hidroquímicas do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, IG/USP, São Paulo, 177 p.
- CAVALCANTE, I.N. - 1990 - *Estudo Hidrogeológico de Terreno Cristalino com Manto de Intemperismo: área piloto de Atibaia (SP)*. Dissertação de Mestrado, IG/USP, São Paulo, 123 p.
- CAVALCANTE, I.N.; SANTIAGO, M.M.F.; REBOUÇAS, A.C. - 1991 - Características hidroquímicas dos aquíferos: manto de intemperismo e fraturado, Atibaia (SP). In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 3, *Anais....* São Paulo, SBGq, v. 1, p. 398-401.
- CAVALCANTE, I.N. & REBOUÇAS, A.C. - 1992 - Estudo hidrogeológico do Município de Atibaia - Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 7, *Anais....* Belo Horizonte, ABAS, p. 148-53.
- COSTA, W.D. - 1980 - A hidrogeologia do cristalino à luz da mecânica das rochas. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1, *Anais....* Recife, ABAS, v. 1, p. 375-83.
- COSTA, W.D. - 1986 - *Análise dos Fatores que Atuam no Aquífero Fissural: área piloto dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte*. Tese de Doutorado, IG/USP, 225 p.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. - 1996 - *Hidrología Subterranea*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 2ª ed., 2 v.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) - 1972 - *Estudo de Águas Subterrâneas*. São Paulo.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) - 1984 - *Caracterização dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo*. São Paulo, 175 p.
- DEL REY, A.C. - 1991 - Fraturamento no Nordeste do Estado de São Paulo e sua associação ao comportamento hidrogeológico regional. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 3, *Bol. Resumos*. Rio Claro, SBG, p. 197-8.
- FERNANDES, A.J. - 1997 - *Tectônica Cenozóica na Porção Média da Bacia do Rio Piracicaba e sua Aplicação à Hidrogeologia*. Tese de Doutorado, IG/USP, São Paulo, 244 p.

- GUSTAFSSON, G. & KRÁSNÝ, J. – 1994 – Crystalline rock aquifers: their occurrence, use and importance. *Applied Hydrogeology*, v. 2, n. 2, p. 64-75.
- HACKSPACHER, P.C. et al. - 1989 - *Geologia das folhas Cabreúva e Moreiras, 1:25.000*. Convênio UNESP/PRÓ-MINÉRIO, Relatório Final, Rio Claro.
- HASUI, Y. et al. - 1977 - As grandes falhas do Leste Paulista. *In: Atas do 1º Simpósio de Geologia Regional*, p. 369 - 380.
- HASUI, Y et al. - 1978 - Geologia e tectônica da Serra do Japi. *Boletim do Instituto de Geociências, USP*. n. 9, p. 17 - 24.
- HASUI, Y et al. - 1981 - O embasamento pré-cambriano e o eopaleozóico em São Paulo. *In: Almeida et al., Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000*, Publicação IPT n. 1184 (Monografias 6), São Paulo, v.1 (nota explicativa), p. 12 - 45.
- HENRIKSEN, H. – 1996 – Relation between topography and well yield in bore-holes in crystalline rocks, Sogn og Fjordane, Norway. *Groundwater*, v. 33, n. 4, p. 635-43.
- KNOPMAN, D.S. & HOLLYDAY, E.F. – 1996 – Variation in specific capacity in fractured rocks, Pennsylvania. *Groundwater*, v. 31, n. 1, p. 135-45.
- MARIANO – 2001 – *Relatório de Avaliação de Eficiência para regularização do direito de uso dos recursos hídricos requerido pela Prefeitura Municipal de Vinhedo (SP)*.
- MENEGASSE, L.N. – 1991 – *Estudo Hidrogeológico das Rochas Metassedimentares do Grupo São Roque a NW da Grande São Paulo: critérios para locação de poços profundos*. Dissertação de Mestrado, IG/USP, 104 p.
- NEVES, M.A. – 1999 – *Tectônica Cenozóica da Região de Jundiaí (SP)*. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP, Rio Claro, 135 p.
- NEVES, M.A. et al. – 1998 – Características estruturais das coberturas sedimentares da região de Jundiaí (SP). *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Bol. Resumos...* Belo Horizonte, SBG, p.73.
- REBOUÇAS, A.C. – 1978 – Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia do Paraná no Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Anais...* Recife, v. 6, p. 2963-76.
- SANTORO, E. - 1985 - *Geologia da Folha Cabreúva (SP)*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 114 p.
- WALM, ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA – 1999 – *Estudos Hidrogeológicos para Captação de Água Subterrânea no Município de Vinhedo (SP)*. Relatório final - Walm, Vinhedo.
- YIN, Z. & BROOK, G.A. – 1992 – The topographic approach to locating high-yield wells in crystalline rocks: does it work? *Groundwater*, v. 30, n. 1, p. 96-102.