

MAPEAMENTO HIDROQUÍMICO NA REGIÃO DE RIO CLARO E ADJACÊNCIAS (SÃO PAULO-BRASIL)

Érica Martini Tonetto¹; Daniel Marcos Bonotto²

Resumo Amostras de águas de duas fontes hidrominerais e 41 poços tubulares profundos, perfurados em quatro diferentes aquíferos (Aquífero Serra Geral, Sistema Aquífero Botucatu, Sistema Aquífero Tubarão e Grupo Passa Dois) na região de Rio Claro, foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos, elementos maiores e elementos menores. A partir dos resultados obtidos foram construídas superfícies de tendência de primeira ordem que permitiram uma avaliação da distribuição espacial das concentrações destes elementos. Com o mapeamento foi possível verificar que as amostras provenientes do Sistema Aquífero Tubarão (porção oeste da área) apresentaram teores mais elevados de resíduo seco e também da maioria dos elementos avaliados, ocorrendo, localmente, variações nas tendências de maiores valores nas avaliações individualizadas de cada parâmetro. Por outro lado, na porção noroeste da área, onde os poços interceptam o Sistema Aquífero Botucatu e o Aquífero Serra Geral, foram observadas tendências de águas com menores quantidades de resíduo seco e mais ácidas, esse comportamento pode estar relacionado à presença desses poços nas áreas de recarga desses aquíferos.

Abstract Groundwater samples from 2 springs and 41 deep tubular wells, drilling four different aquifer systems (Serra Geral Aquifer, Botucatu Aquifer System, Tubarão Aquifer System and Passa Dois Group) at Rio Claro municipality were analyzed as physical-chemical, major and minor parameters. From the results, first order tendency surfaces were constructed that allowed an evaluation of the spatial distribution of the concentration values. The mapping permitted the observation that samples from Tubarão Aquifer System (west portion of the area) presented the highest values for dry residue and also for the majority of the parameters, occurring locally, some variations in the tendency of high values when the parameters are considered individually. On the other hand, in the northwest portion of the área, where deep tubular wells drilled Botucatu Aquifer System and Serra Geral Aquifer were verified a tendency of groundwaters with less amounts of dry residue and more acid. This behavior can be related with the fact that these wells are located at the recharge área of the aquifers.

¹ UNESP – Pós-Graduação em Geociências; Av. 24-A, 1515; C. P. 198; 13506-900; Rio Claro; SP; Brasil; (19) 526-2802; etonetto@rc.unesp.br

² UNESP – Depto de Petrologia e Metalogenia; Av. 24-A, 1515; C. P. 198; 13506-900; Rio Claro; SP; Brasil; (19) 526-2825; dbonotto@rc.unesp.br

Palavras-chave: hidroquímica, água subterrânea

INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, a utilização dos recursos hídricos subterrâneos tem aumentado ao longo dos anos, e parece que a tendência é que esse processo continue, em virtude do aumento da concentração demográfica e pelas relativas vantagens desse recurso sobre os superficiais. Embora apresente uma série de vantagens, atualmente a exploração de água subterrânea é marcada por uma visão altamente imediatista, sem controle ou mecanismos legais e normativos [1]. A exploração dos recursos hídricos subterrâneos na região de Rio Claro vem crescendo e estudos que promovam sua melhor compreensão podem auxiliar na exploração mais ordenada e otimizada. Em estudos prévios na área têm sido enfocadas mais intensamente as características das águas superficiais nas bacias hidrográficas do município de Rio Claro e municípios limítrofes.

Com relação à água subterrânea podem ser citados alguns estudos prévios na região envolvendo, por exemplo, a hidroquímica de três sistemas aquíferos diferenciados na área urbana de Rio Claro [2], uma classificação para as águas subterrâneas provenientes de diferentes substratos e ainda aponta prováveis fontes poluidoras dessas águas [3] e uma caracterização hidroquímica tanto para poços rasos perfurados no aquífero mais superficial (Fm. Rio Claro) quanto para poços mais profundos no Gr. Tubarão [4].

O presente trabalho constitui uma avaliação mais detalhada dos aquíferos da área, procedendo a caracterização hidroquímica dos diferentes reservatórios subterrâneos e o mapeamento desses resultados numa tentativa de compreender sua distribuição espacial, sua relação com a litologia, bem como processos atuantes nesses aquíferos. Essa caracterização permite um conhecimento mais pormenorizado desse recurso hídrico e colabora para a sua melhor utilização, bem como recuperação em caso de contaminação/poluição.

ÁREA DE ESTUDO

Localização, caracterização e uso dos recursos hídricos subterrâneos

Como pode ser visualizada na Figura 1, a área de estudo desse trabalho compreende o município de Rio Claro e porções dos municípios adjacentes (Ipeúna, Itirapina, Corumbataí, Leme, Araras, Cordeirópolis e Santa Gertrudes). Localiza-se na porção centro sudeste do estado de São Paulo, na região administrativa de Campinas. O acesso à área, a partir da capital do Estado, pode ser feito pelas rodovias Bandeirantes, Anhanguera (SP-330) e Washington Luís (SP-310).

O clima na região é caracterizado [6] como tropical com estações, alternadamente, secas e úmidas; as massas de ar tropicais e equatoriais predominam em 50% do período anual. A vegetação original está presente em pequenas extensões ou acompanhando as drenagens, tendo sido em grande parte quase que completamente substituída por culturas diversas, predominando cana de açúcar e citros entre outras [7]. O relevo dominante é a Depressão Periférica sendo que as maiores altitudes (900 m), ocorrem na Serra dos Padres (porção noroeste da área entre Rio Claro e Itirapina), chegando a 500 m no vale do Rio Corumbataí (Figura 1).

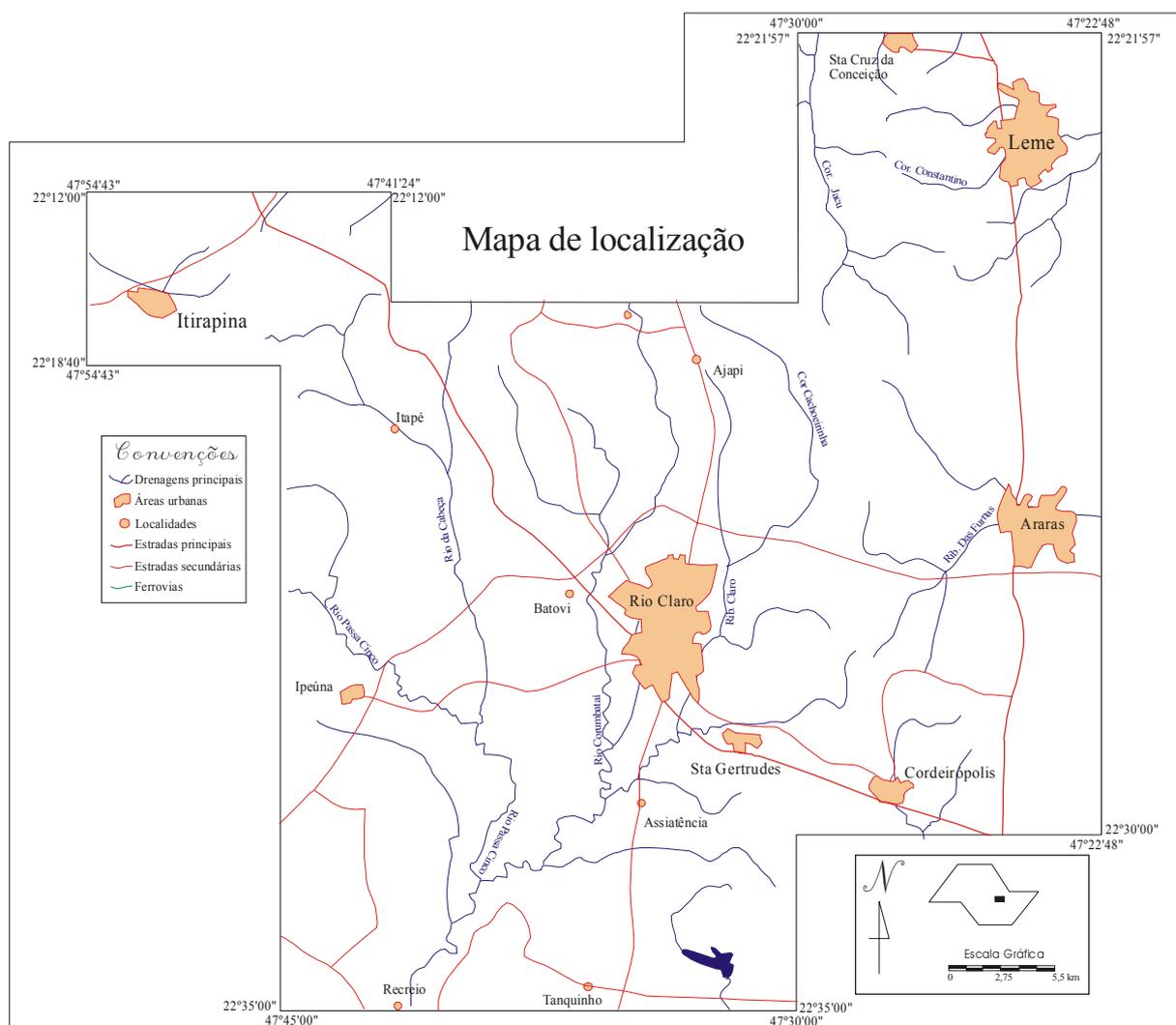


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo com principais vias de acesso, drenagens e áreas urbanas (modificado de [5]).

Geologicamente a área de estudo localiza-se na porção nordeste da bacia sedimentar do Paraná, é caracterizada pela presença de pacotes de rochas sedimentares de granulação variada e das rochas básicas (Formação Serra Geral – Cretáceo Inferior). As idades de deposição dessas rochas vão desde o Carbonífero (Grupo Tubarão) até o Plio-Pleistoceno (Formação Rio Claro).

Apesar da uniformização do meio físico, possibilitada com a compartimentação das áreas de estudo em bacias hidrográficas auxiliarem as interpretações em estudos superficiais, para abordagens hidrogeológicas nem sempre esse procedimento é adotado. Isso ocorre, pois, os reservatórios subterrâneos nem sempre correspondem àqueles das bacias superficiais, nos quais a topografia exerce papel fundamental condicionando o fluxo superficial. Na maioria das vezes os reservatórios subterrâneos possuem extensões muito superiores, apresentam uma área de recarga que é definida por meio das direções de fluxo da água no substrato [8].

Neste trabalho a área selecionada compreende porções de três Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) diferentes: UGRHI Piracicaba, Capivari e Jundiá (Bacia do Piracicaba), UGRHI Mogi-Guaçu e UGRHI Tietê/Jacaré. Embora apresentem algumas particularidades, em geral a área possui cidades de médio porte, com a população concentrada nas áreas urbanas [9].

O abastecimento público de água é efetuado na maioria por água superficial, ocorrendo por vezes uma combinação da utilização de recursos superficiais e subterrâneos; em algumas cidades, 100% é efetuado utilizando-se água subterrânea. Tanto atividades industriais, quanto atividades de agroindústria são bastante desenvolvidas na região e também nessas atividades a utilização dos recursos subterrâneos é verificada; além disso, observa-se a utilização de água subterrânea para abastecimento de pequenas propriedades rurais e para fins de recreação.

HIDROGEOLOGIA

Segundo a distribuição espacial dos sistemas aquíferos do Estado de São Paulo, definidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica, a área estudada está assentada sobre unidades definidas como Aquífero Tubarão, Aquífero Botucatu e Aquífero Diabásio. Foram também amostrados poços que retiram água do G. Passa-Dois, regionalmente considerado um aquíclode, porém, apresentando zonas aquíferas em porções mais arenosas ou onde fendas e fraturas nas litologias de granulação fina permitem a circulação da água. Além disso, as coberturas cenozóicas, como a Formação Rio Claro, constituem um aquífero livre pouco profundo, que vem sendo considerado de expressão na exploração das águas subterrâneas na região [4, 10, 11] (Figura 2).

Aqüífero Serra Geral (ASG)

Ocorre de forma dispersa em toda a extensão da área, especialmente na porção leste (municípios de Araras e Leme). Em geral, os corpos de diabásio ocorrem encaixados nos sedimentos do Grupo Tubarão [10] ou, conforme as descrições dos poços levantados, na região de Itirapina, encontram-se intercalados nas Formações Pirambóia e Botucatu e outras vezes sotopostos a elas. Em virtude do armazenamento e circulação das águas estarem associados aos sistemas de fraturamentos e juntas, caracteriza-se como localizado e heterogêneo [12, 13].

Sistema Aqüífero Botucatu (SAB)

Apesar da designação recente de Aqüífero Guarani, optou-se por empregar, neste trabalho, a nomenclatura utilizada em [1]. Está sobreposto aos sedimentos do Grupo Passa Dois e os poços perfurados neste sistema aquífero ocorrem na porção mais noroeste e oeste da área (Itirapina e Ipeúna). Os poços amostrados na porção noroeste da área, em geral, possuem profundidades entre 40 e 190 m, atravessando os arenitos das Formações Botucatu e Pirambóia que aí afloram. Quando a perfuração é mais profunda (superior a 100 m), ocorrem *sills* de diabásio.

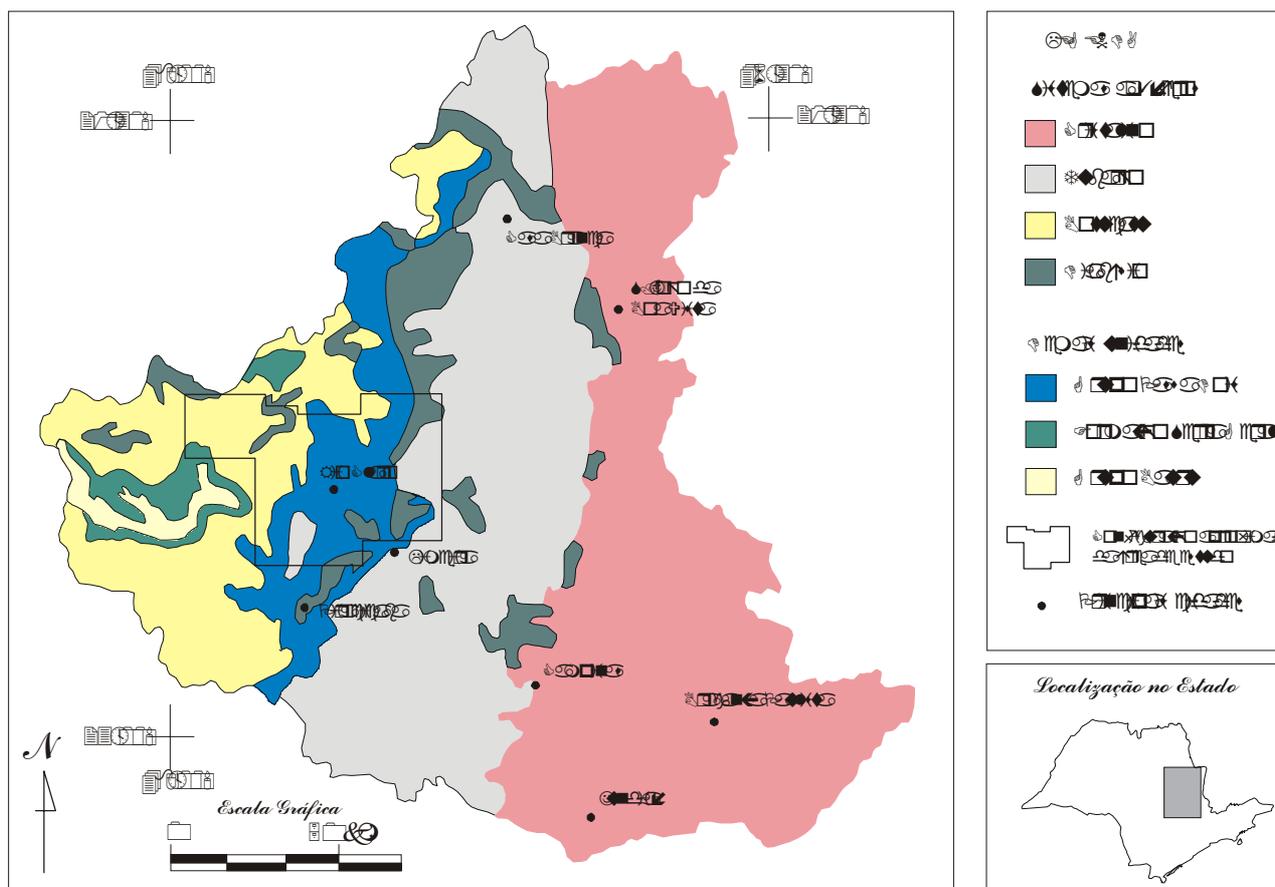


Figura 2 - Mapa de distribuição espacial dos Sistemas Aqüíferos da Região Administrativa de Campinas com a configuração aproximada da área de estudo (modificado de [10]).

Grupo Passa Dois (APD)

Em decorrência dos litotipos que o compõe, como lamitos, folhelhos e calcários, que dificultam a movimentação vertical da água, em escala regional, o Grupo Passa Dois tem sido considerado um aquícluído que separa os Sistemas Aquíferos Tubarão e Botucatu. Entretanto, pode, eventualmente, comportar-se como aquífero em porções de litologia mais arenosa ou com grande quantidade de fraturamentos. Assim, por depender de particularidades litológicas e dos padrões estruturais para o movimento e armazenamento das águas é, caracteristicamente, localizado, heterogêneo e descontínuo [10].

Sistema Aquífero Tubarão (SAT)

Ocorre em praticamente toda a extensão da área, sendo os poços mais numerosos nos municípios de Leme, Araras e na área urbana de Rio Claro. A circulação e o armazenamento da água no SAT ocorre nos interstícios dos grãos dos sedimentos clásticos grossos, entretanto, níveis de sedimentos mais finos atuam como impermeabilizantes, dificultando localmente o escoamento vertical da água [13]; além disso, encontra-se cortado por intrusões de diabásio o que o torna descontínuo e heterogêneo em escala regional [10]. A circulação das águas do Sistema Aquífero Tubarão, na área urbana do município de Rio Claro, foi estudada por meio da análise de superfícies de tendência [11], tendo sido caracterizado que o escoamento sub-superficial apresenta uma tendência geral de movimento das águas subterrâneas no sentido de NE para SW, em direção à calha do Rio Corumbataí (Figura 1).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram levantados junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) de São Paulo, os dados cadastrais de poços perfurados na região de Rio Claro; a partir dos dados de profundidade do poço, profundidade do nível estático e vazão, foram construídas as superfícies de tendência de primeira ordem da Figura 3. Além disso, foram coletadas as águas de duas fontes hidrominerais e 41 poços profundos, perfurados nos quatro aquíferos principais mencionados anteriormente. Essas amostras foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos (em campo), elementos maiores e menores por métodos espectrométricos e potenciométricos nas dependências do Laboratório de Isótopos em Hidroquímica (LABIDRO) do Departamento de Petrologia e Metalogenia (UNESP – Rio Claro) [15]. Os resultados analíticos foram lançados no programa Surfer e algumas superfícies de tendência de primeira ordem foram geradas, permitindo a visualização espacial dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, com dados cadastrais dos poços fornecidos pelo DAEE foi feita uma avaliação preliminar das suas características hidráulicas. Na Figura 3 são apresentadas as superfícies de tendência de primeira ordem para os dados de profundidade dos poços, profundidade do nível estático e vazão. Por meio da análise desses resultados, verifica-se que na região noroeste da área estão localizados os poços mais rasos que retiram água do SAB ou ASG, com nível estático mais superficial (26 e 28 m) e com menores vazões (entre 9 e 10 m³/h); localmente verifica-se que na região de Ipeúna os poços são mais rasos. Em direção ao sudeste da área a profundidade dos poços aumenta (podendo atingir até 400 m) e praticamente todos os poços passam a retirar água do SAT, o nível estático é mais profundo (entre 36 e 42 m) e os valores de vazão são também mais elevados (17 m³/h).

Os resultados obtidos nas análises químicas estão apresentados de acordo com o aquífero explotado na Figura 4. Pelos resultados apresentados observa-se que as amostras apresentam baixa concentração desses parâmetros, especialmente considerando os cátions. De modo geral, as águas do SAT apresentam concentrações um pouco mais elevadas para todos os parâmetros, em especial para cloreto e sulfato, ainda os dados de fluoreto apresentaram-se mais elevado para este aquífero. Visto que a maior parte dos poços intercepta aquíferos distintos, retirando água de mais de um deles, promovendo uma descaracterização da fácies hidroquímica de cada um deles, de modo que a grande maioria das amostras foi classificada, de acordo com os Diagramas de Piper, como mistas [14].

Numa avaliação da distribuição espacial dos resultados verifica-se uma tendência de aumento dos teores de resíduo seco na direção sudeste (Figura 5), onde predominam poços mais profundos perfurados no SAT. Na parte noroeste e oeste da área, onde predominam poços perfurados no SAB e ASG, os teores de resíduos secos são menores e estes resultados podem estar relacionados à presença desses poços em áreas de recarga do SAB em que se verifica menor salinização das águas. Comportamento semelhante pode ser observado para a distribuição espacial dos valores de pH, evidenciando uma tendência de maiores valores para a porção sudeste da área em que é explotada água do SAT. Verifica-se ainda na Figura 5 que os teores de bicarbonato acompanham a tendência observada para o pH.

Em virtude da predominância dos cátions sílica, nitrato, magnésio e sódio nos poços da porção nordeste da área (Leme e Araras) nas águas do SAT, a distribuição espacial desses elementos, avaliados individualmente, não acompanha os teores de resíduo seco (Figura 5). Alguns testes de correlação entre os teores desses e de outros elementos foram realizados [14], tendo os resultados indicado provável contaminação para alguns poços. Embora ocorra uma modificação na

distribuição espacial nos poços da porção leste da área, na porção oeste/sudoeste da área, a tendência verificada anteriormente se mantém na avaliação individualizada desses elementos.

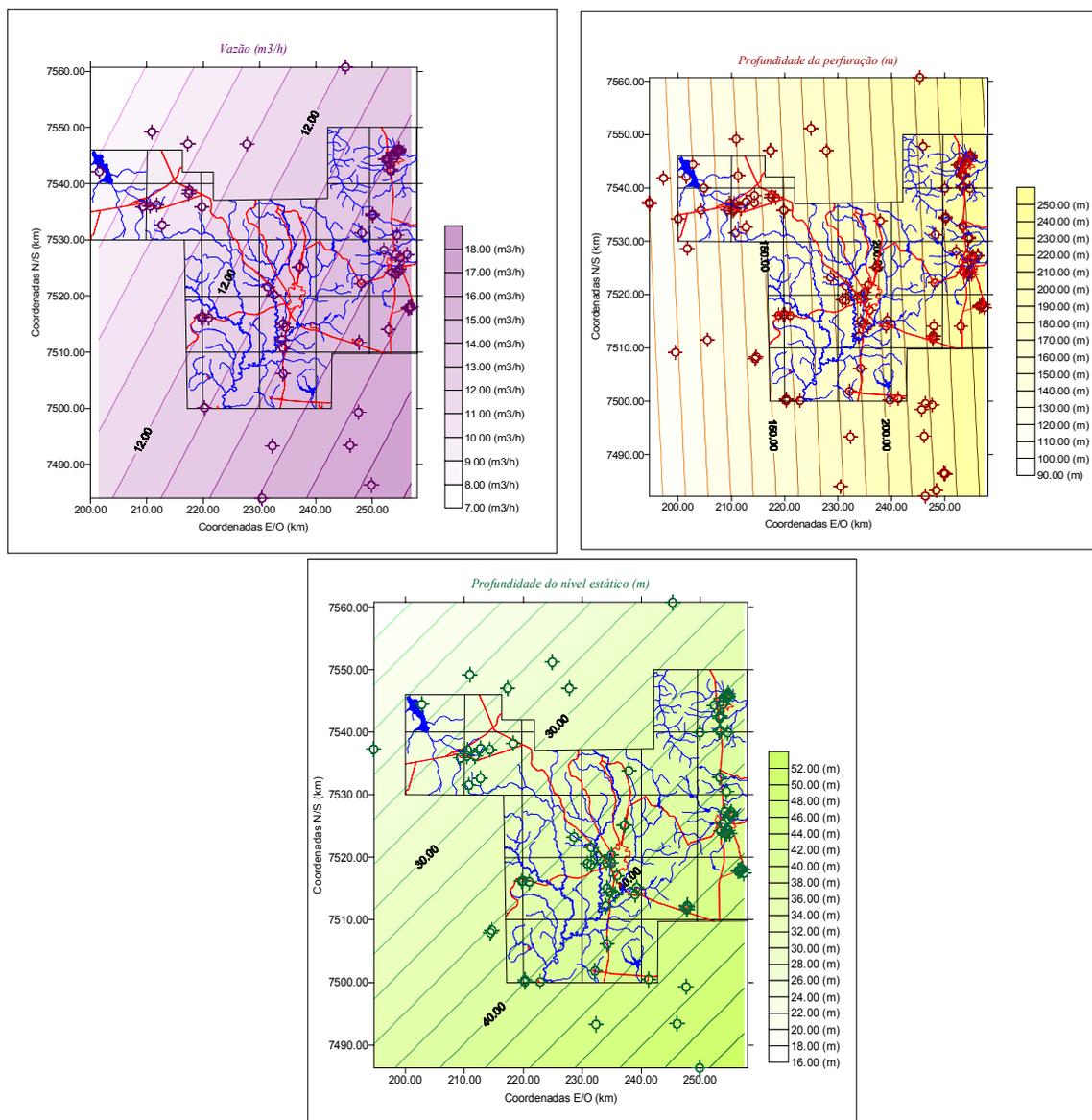


Figura 3 – Superfícies de tendência de primeira ordem para os dados de poços levantados na região de Rio Claro e municípios adjacentes, com a inserção da área de estudo com rodovias, drenagens principais e áreas urbanas.

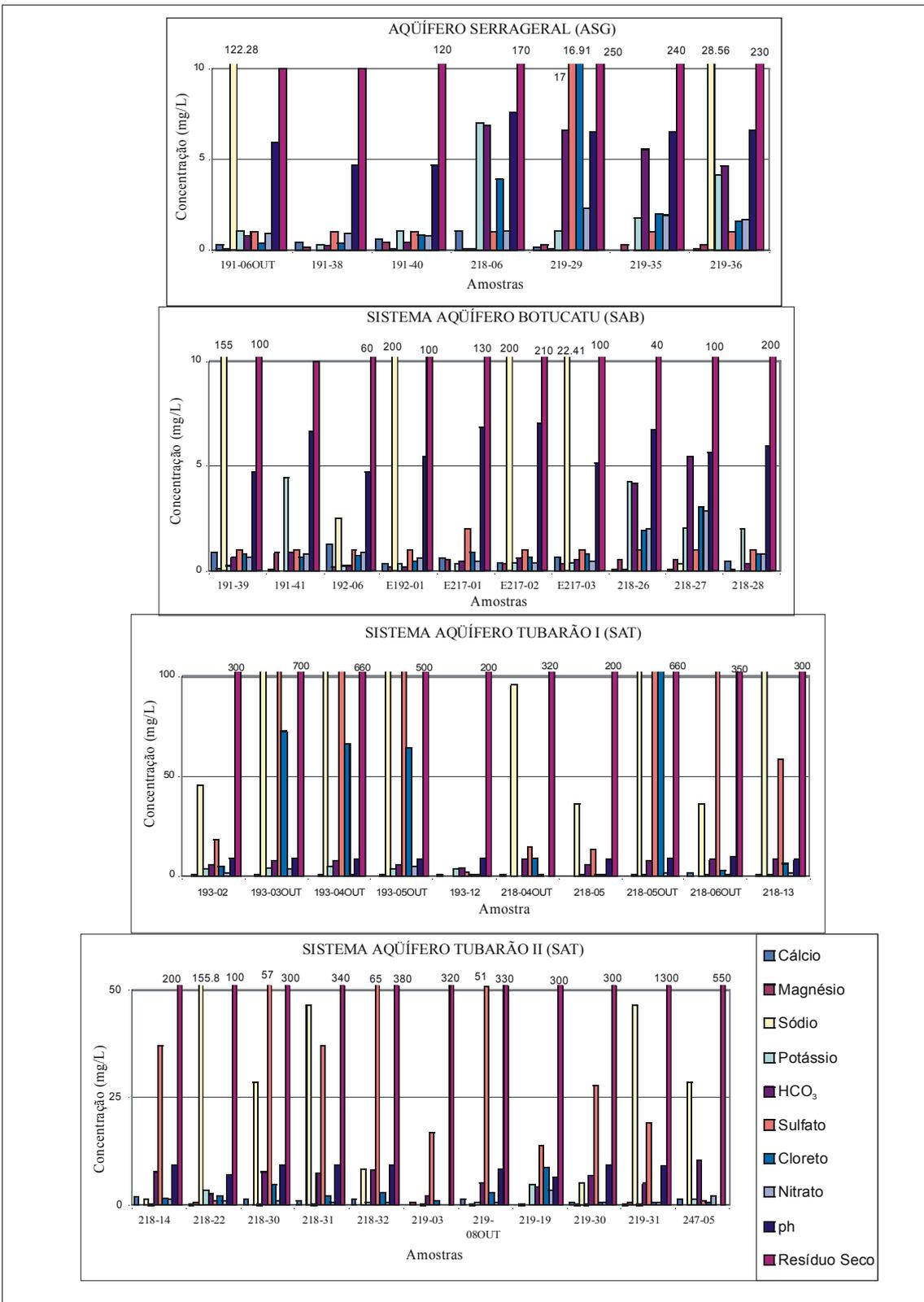


Figura 4 - Representação gráfica dos resultados das análises de elementos maiores das águas subterrâneas na região de Rio Claro

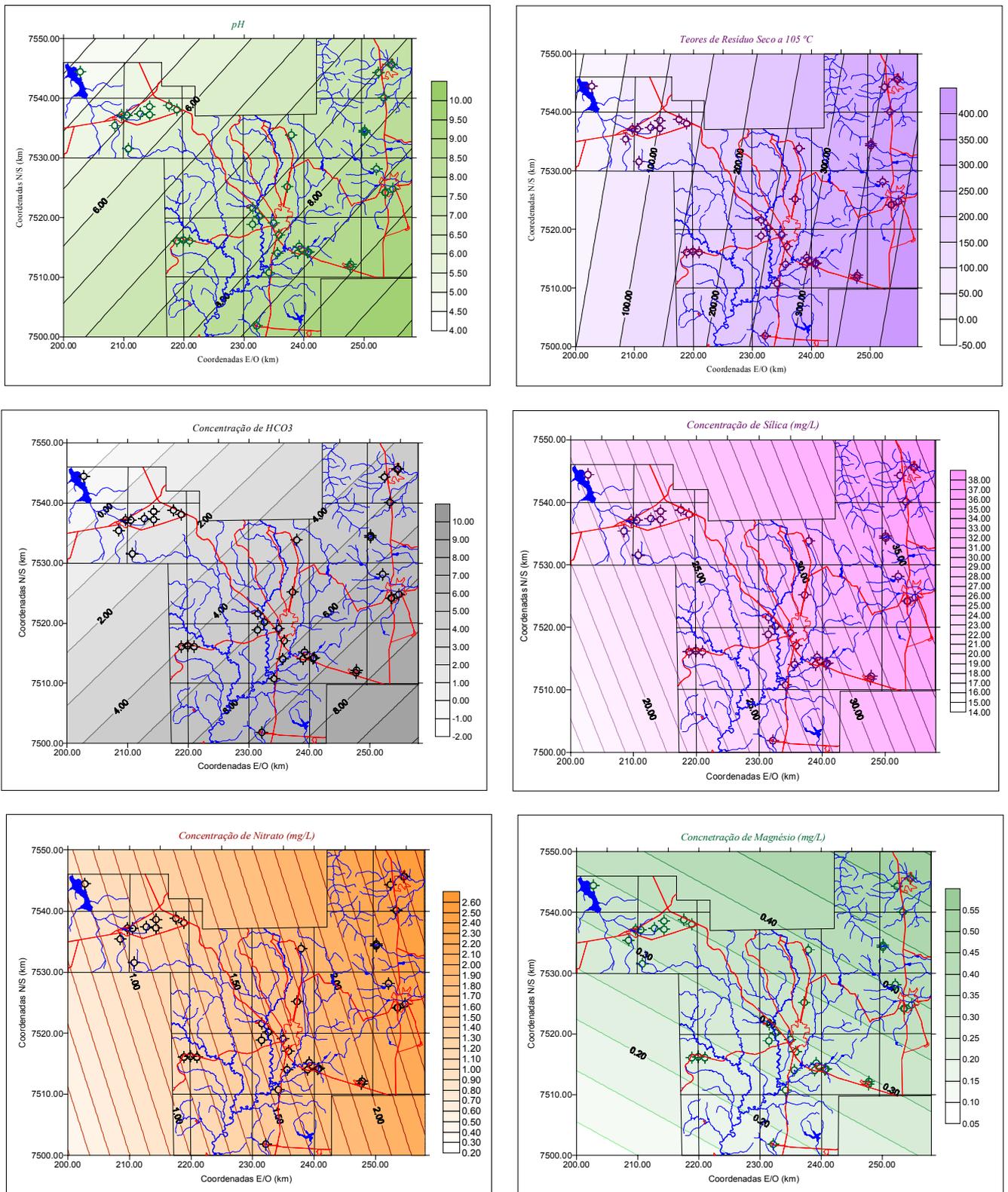


Figura 5 - Superfícies de tendência de primeira ordem para os resultados das análises químicas de águas subterrâneas na região de Rio Claro e municípios adjacentes, com inserção da configuração da área de estudo com rodovias, drenagens principais e áreas urbanas.

CONCLUSÕES

A partir das avaliações efetuadas, de modo generalizado, pode-se concluir que as amostras da porção oeste/sudeste da área, originárias dos poços mais rasos da área, apresentam-se mais ácidas e com teores de resíduo seco e de alguns elementos mais baixos (menores que 100 mg/L para resíduo seco), sugerindo a presença desses poços em áreas de recarga do SAB (também relacionada com a baixa salinização que os arenitos geralmente imprimem às águas). O SAT, ao contrário, apresenta águas mais salinizadas, ocorrendo modificações nas tendências de maiores valores para alguns elementos em diferentes porções da área.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem à FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo. Coord. CASARINI, D. C. P. e SILVA, M. F. B. São Paulo, 1997, 46 p.
2. Bonotto, D. M. & Mancini, L. H. Estudo hidroquímico dos aquíferos de Rio Claro (SP). *Geochemica Brasilienses*, 6 (2): 153-167. 1992
3. Ursolino, D. M. A. – Caracterização da qualidade das águas subterrâneas – município de Rio Claro – SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Dissertação de Mestrado, 1997, 119 p.
4. Oliva, A. Caracterização hidroquímica de águas subterrâneas no município de Rio Claro – SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Monografia, 1999, 52 p.
5. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. 2 v.1981.
6. Monteiro, C. A. F. – A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. Instituto de Geografia/USP, Tese de Doutorado, 1993, 130 p.
7. Koffler, N.F. Diagnósticos do uso agrícola das terras da bacia do Rio Corumbataí-SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Relatório, 1993, 102 pp.
8. Tiedeman, C. R.; Goode, D. J.; HSIEH, P. A. – Characterizing a ground water basin in a New England Mountain and Valley Terrain. *Groundwater*, 26 (4): 611-620. 1998.
9. IG (1999) – INSTITUTO GEOLÓGICO. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 1998. Convênio CETESB, DAEE, IG. 371 p.
10. DAEE (1981) – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – Estudo das águas subterrâneas – Região Administrativa 5 – Campinas. 444 p.

11. Cottas, L. R – Estudos geológicos – geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro – SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/USP, Tese de Doutorado, 1983, 171 p.
12. Hausman, A. Aspectos hidrogeológicos dos aquíferos fissurados no sul da Bacia do Paraná. *Água Subterrânea*, 4 (4): 44-60. 1974.
13. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Coord. HIRATA, R. C. A. São Paulo, 1997, 144 p.
14. Tonetto, E. M. Hidroquímica em aquíferos de Rio Claro (SP) e adjacências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Tese de Doutorado, 2001, 107 p.