

DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE RECARGA NO VALE DO PARAÍBA PAULISTA COM A UTILIZAÇÃO DE DADOS ORBITAIS E HIDROGEOLÓGICOS

Nelson Wellausen Dias¹; Célio Eustáquio dos Anjos²; Marcelo dos Santos Targa³ &

Hélio Nóbile Diniz⁴

RESUMO --- Esta pesquisa visa identificar a localização e a distribuição geográfica das áreas de recarga dos aquíferos subterrâneos no Vale do Rio Paraíba do Sul em seu trecho paulista. A metodologia envolveu: interpretação de imagens do satélite para caracterização física da área, elaboração de carta morfoestrutural e de condicionantes hidrogeológico, elaboração e análise do mapa de densidade de fraturamento, elaboração do mapa de lineamentos estruturais, elaboração da carta de declividade da região, levantamento e avaliação hidrogeológica a partir de dados de poços profundos e integração dos resultados e identificação das áreas de recarga. O estudo teve um caráter interdisciplinar com enfoque analítico e sistêmico. Os resultados indicam que na região do aquífero sedimentar existe pouca dependência dos sistemas de fraturas com unidades mais homogêneas e de grande extensão. O fluxo de água subterrânea apresenta duas situações distintas, grandes áreas de fluxo unidirecionais e propícios à recarga e uma área de concentração de fluxo discordante convergente. Ambas são consideradas como de alto potencial à recarga e acumulação de água subterrânea.

ABSTRACT --- The goal of this research is to identify the location and geographic distribution of aquifer recharge areas in the Paraíba do Sul river valley in the state of São Paulo. Methodology included satellite image interpretation for study area physical characterization, mapping of morphostructural and hydrogeologic conditionings, fracture density mapping, structural alignment mapping, regional slope mapping, compilation and evaluation of deep well geologic data, and result integration and recharge area identification. The study had an interdisciplinary focus with both systematic and analytical approaches. The results indicate that the sedimentary aquifer is the least dependent on the fracture system, showing extensive and homogeneous areas. Underground water flow shows two different aspects, large areas of unidirectional flow with high recharging potential, and an area of discordant convergent flow concentration. Both are considered as having high potential for recharge and accumulation of groundwater reserves.

Palavras-chave: áreas de recarga, conservação de água subterrânea, sensoriamento remoto

1Professor da Universidade de Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Est. Dr. José Luiz Cembranelli, 5000, Bairro Itaim, Taubaté, SP, 12081-010, email nelson.dias@unitau.br

2 Pesquisador e Diretor da empresa MC Geologia e Meio Ambiente Ltda., Alameda Harvey C. Weeks, 14, S. 01, São José dos Campos, SP, 12223-080 email celioea@yahoo.com.br.

3 Professor da Universidade de Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Est. Dr. José Luiz Cembranelli, 5000, Bairro Itaim, Taubaté, SP, 12081-010, email mtarga@agro.unitau.br

4 Pesquisador do Instituto Geológico da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, Av. Miguel Stéfano, 3.900, São Paulo, 04301-903, email heliodiniz@igeologico.sp.gov.br

1 - INTRODUÇÃO

Historicamente o Vale do Paraíba Paulista começou a ser usado economicamente para fins agrícolas que tiveram a captação de água superficial como sua principal fonte de abastecimento. A partir da implantação de fábricas na região, a partir do declínio do ciclo do café em meados do século 20, a origem da água para abastecimento começou a se diversificar de tal maneira que hoje maioria das indústrias e cidades da região são abastecidas por águas subterrâneas. Frangipani & Pannuti (1965) citando Ribeiro Filho, autor do Anuário Fluviométrico no 4, do Ministério da Agricultura publicado em 1943, ressaltam: “Este importante vale que sente bem de perto a pulsação da capital do país, tem seu destino traçado. Colheu riqueza e fastígio nos frutos da agricultura e teve relêvo incontestável em fins do último século. A posição e suavidade do clima, em vasta extensão do seu território, dão-lhe privilégios que não podem ficar em vão. Estará fadado irrecusavelmente a papel relevante na nossa vida econômica; porque, intimamente ligado à própria grandeza nacional, por fatores e circunstâncias naturais, oferece um esplêndido campo à ação do dinamismo industrial, êsse ar que respira a civilização contemporânea”.

A intensificação das atividades industriais e a expansão da população urbana durante a segunda metade do último século levou à degradação das águas superficiais do Rio Paraíba do Sul que, segundo Coimbra e Freitas (2003), é resultado da liberação de um bilhão de litros de esgotos não tratados por dia, já que 90% dos municípios dessa bacia não possuem estações de tratamento em operação capazes de depurar a água antes de liberá-la no rio. Além da carga urbana, soma-se a estes efluentes 150 toneladas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por dia, correspondentes à carga poluidora derivada dos efluentes industriais orgânicos. A carga poluidora total da bacia do Rio Paraíba do Sul, de origem orgânica, corresponde a cerca de 330 toneladas de DBO por dia, dos quais cerca de 55% derivam de efluentes domésticos e 45% industriais. Para possibilitar a solubilização dessa elevada carga orgânica, a vazão da represa de Paraibuna precisa ser mantida em um nível mínimo para (CBH-PSM, 2004), uma vez que reduções de vazão em função dos problemas de estiagem em 2001 levaram à constatação de que vazões abaixo de $36 \text{ m}^3/\text{s}$ colocam em risco a saúde ambiental do rio pela necessidade de diluição dos esgotos, principalmente pelas cidades de Jacareí e São José dos Campos. A combinação de degradação dos mananciais superficiais com o aumento de demanda por água de qualidade para alimentar processos industriais específicos (produção cerveja e refrigerantes, produção de celulose, lavagem e resfriamento de equipamentos, entre outros) constitui motivo de preocupação com a manutenção da qualidade e quantidade das reservas subterrâneas nessa bacia. Por esta razão a identificação e caracterização das áreas de recarga são peças fundamentais para a adoção de medidas

conservacionistas que garantam a preservação dos recursos hídricos subterrâneos da bacia do Rio Paraíba do Sul.

A existência de uma razoável quantidade de dados hidrogeológicos de poços, disponíveis para consulta no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), nas empresas particulares de perfuração de poços, nos Serviços Autônomos Municipais de Águas e Esgotos e na SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) propiciou o emprego de metodologia para a caracterização de áreas de recarga por meio do cruzamento geográfico (utilizando ferramentas de geoteconologias) desses dados com informações geológicas obtidas pela interpretação de imagens orbitais com bandas no visível e no infravermelho (Landsat TM).

O contexto geológico dessa bacia é razoavelmente bem conhecido, uma vez que existem resultados provenientes de trabalhos já executados e levantamentos anteriores. “O Médio Vale do Rio Paraíba do Sul apresenta características geológicas e hidrogeológicas anômalas e importantes, se comparadas às demais regiões do Estado de São Paulo. A bacia de Taubaté, formada por reativações neotectônicas é o principal responsável por essas características. Esses aquíferos são heterogêneos e anisotrópicos. Os fluxos hídricos percolam em direção à calha do Rio Paraíba do Sul. Nessa área, o fluxo é interrompido devido ao contraste hidrogeológico brusco na borda falhada do graben, causando acúmulo e mistura de águas. Essas características são acentuadas em função do aumento do gradiente potenciométrico pela exploração” (ANJOS e DINIZ, 2006).

O objetivo desta pesquisa é identificar geograficamente a localização e a distribuição das áreas de recarga dos aquíferos subterrâneos no Vale do Rio Paraíba do Sul em seu trecho paulista (Figura 1). Para atingir este objetivo mais amplo foram determinados objetivos intermediários que incluíram: a interpretação visual de imagens do satélite Landsat TM 5 para caracterização física da área; a elaboração de carta morfoestrutural e de condicionantes hidrogeológico da área; a elaboração e análise do mapa de densidade de fraturamento; a elaboração do mapa de lineamentos estruturais; a elaboração da carta de declividade da região; o levantamento e avaliação hidrogeológica a partir de dados de poços profundos disponíveis; e integrar os resultados e identificar as principais áreas de recarga da área de estudo.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização e posterior avaliação dos diferentes padrões das unidades temáticas objeto desta pesquisa foram realizadas por meio da análise de dados de sensoriamento remoto (imagens LANDSAT TM 5 adquiridas em 28/9/2000, correspondente às órbitas/pontos 219/076 e 218/076),

dados de altimetria SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission, adquiridas no ano de 2000 para os quadrantes S23°W45°, S23°W46°, S24°W45°, S24°W46° utilizados nesta pesquisa), dados cartográficos do IBGE, cartas temáticas de geologia, geomorfologia, hidrogeologia e os dados processados a partir dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) SPRING 4.1 e ARCVIEW 3.2 e softwares adicionais, AUTOCAD MAP 2000, SURFER 8.0, VISUAL GROUNDWATER e BALASC.

Dados cartográficos digitais e bibliográficos, em diferentes escalas, foram compilados, digitalizados e georreferenciados e, posteriormente, ajustados para a escala de 1:100.000. Dados adicionais foram anexados às análises com destaque para os dados geológicos (KURKDJIAN, 1992; IBGE, 1986), geotécnicos e geomorfológicos (IPT, 1981) e hidrogeológicos (DAEE, 1979). O sistema hidrográfico da bacia do Vale do Paraíba Paulista foi gerado a partir das cartas topográficas (escala 1:50.000) disponíveis individualizadamente em formato digital. Após a delimitação do sistema hidrográfico da área de estudo, procedeu-se a reconstituição da rede de canais, destacando-se as

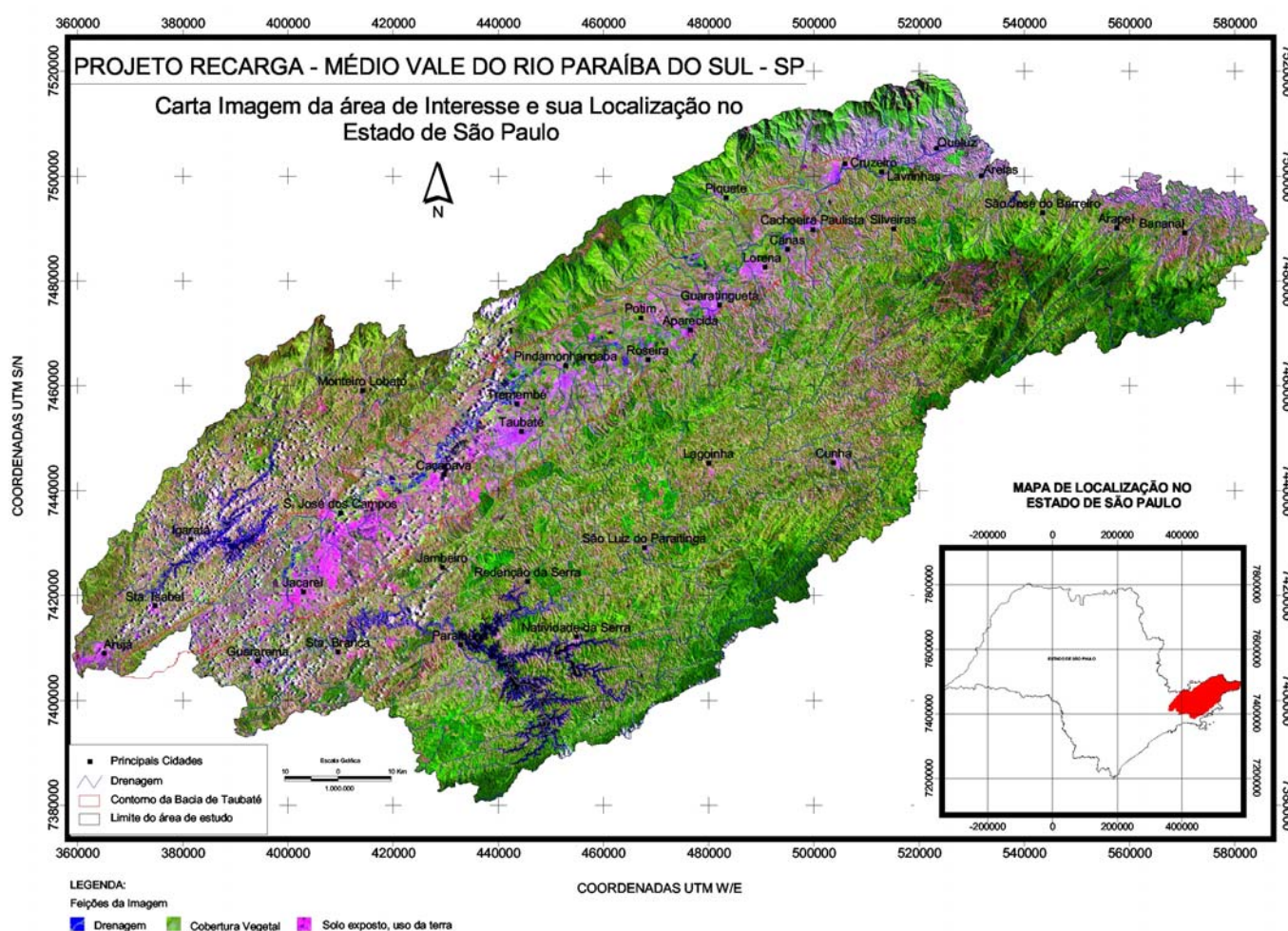


Figura 1. Mosaico de imagens Landsat TM da área de estudo e sua localização o estado de São Paulo (mapa menor). Fonte: Anjos e Diniz, 2006.

diversas bacias hidrográficas que convergem diretamente para a calha do Rio Paraíba do Sul. Sobre a base de dados geográficos georreferenciados foi utilizada a técnica de vetorização e descrição dos atributos das informações temáticas.

Para a identificação e caracterização das áreas de recarga foram estabelecidas as interfaces interdisciplinares fundamentais à execução dos objetivos da pesquisa. Esse processo envolveu a seleção de informações sobre a características e dinâmica do meio físico, (como geologia, geomorfologia, hidrogeologia, geotecnia) as quais integradas e interpretadas conduziram a identificação e a caracterização dos distintos compartimentos e ambientes que compõem a área de intervenção e as áreas adjacentes. O estudo teve um caráter interdisciplinar com enfoque analítico (diagnóstico) e sistêmico (integração, prognóstico e síntese), buscando-se perceber a dinâmica que surge da interdependência dos diversos componentes. A interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas seguiu uma análise lógica e sistemática dos elementos de textura da imagem segundo Veneziani e Anjos (1982), onde se consideram as relações métricas e geométricas, o grau e a ordem de estruturação de elementos texturais de relevo e drenagem, analisados por processos indutivos e dedutivos (COELHO NETTO, 2003), informações bibliográficas, levantamentos, observações, ensaios de campo e de laboratórios, os quais conduziram ao significado físico (caracterização hidrogeológica; geológico-estrutural; litoestrutural; e geomórfica) do Vale do Paraíba Paulista.

A caracterização detalhada da área de estudo quanto aos aspectos de geomorfologia, características morfodinâmicas, geologia regional, geologia estrutural e morfoestruturas de condicionantes hidrogeológicos está disponível em Anjos e Diniz (2006).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais produtos obtidos nas diversas etapas do trabalho que juntos possibilitam a determinação das áreas de recarga no Vale do Paraíba Paulista (também denominado Médio Vale do Rio Paraíba do Sul) estão apresentados abaixo.

Primeiramente, o Mapa de Densidade de Fratura (Figura 2) foi confeccionado a partir da identificação e traçado das fraturas sobre carta de drenagem. Essas informações foram tratadas em sistema SIG na escala de 1: 100. 000, a partir da adoção de áreas de análise com 25 km². Esse mapa visou o zoneamento da área quanto a sua porosidade secundaria relativa e seu potencial de recarga / descarga de água subterrânea. O valor da densidade foi calculado pelo numero de elementos de traços de fraturas, compreendidos por uma célula com 5 km de lado. O valor obtido foi então atribuído ao ponto central da célula de amostragem. As operações de calculo de densidade e de atribuição de seu

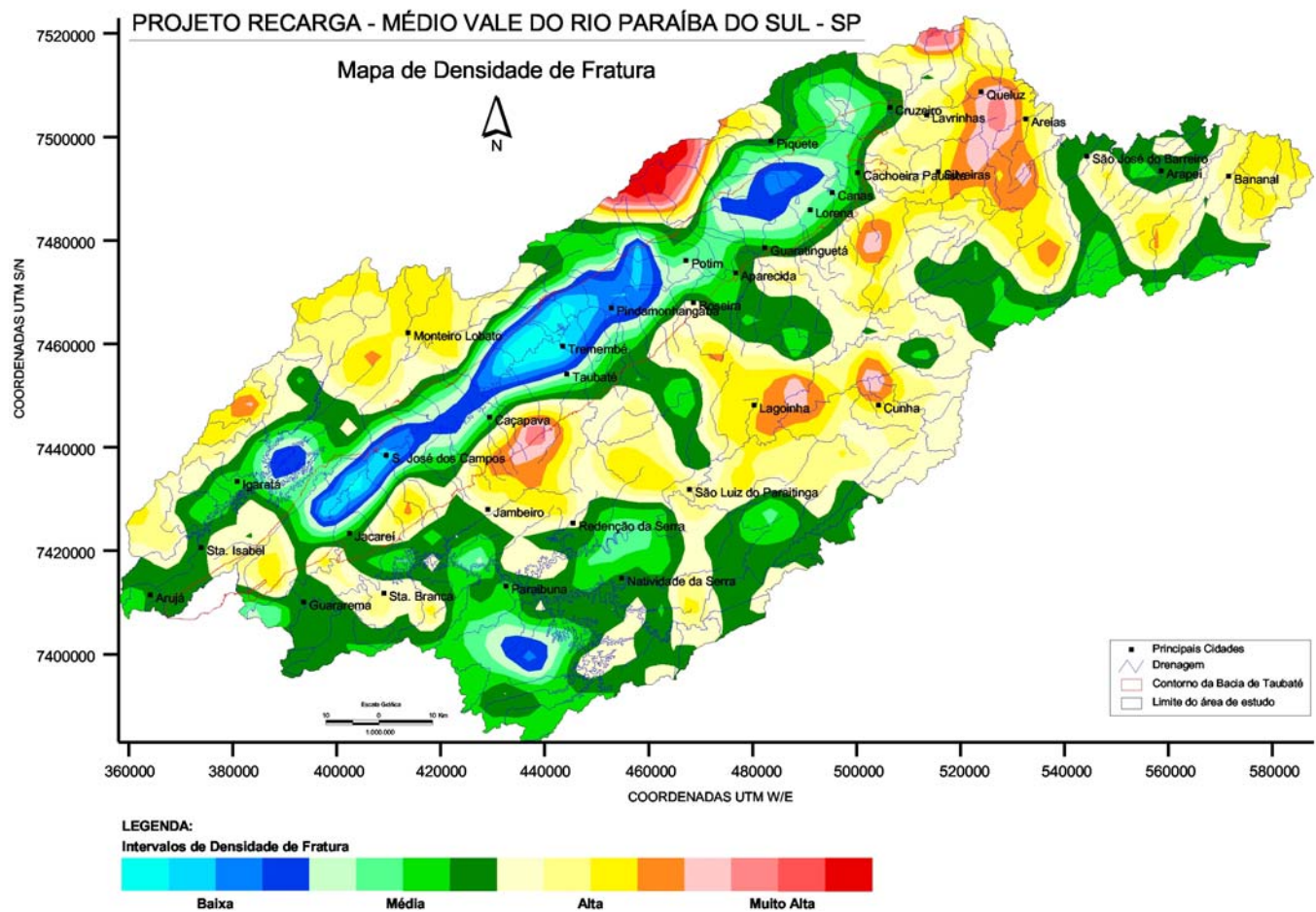


Figura 2. Mapa de densidade de fraturas.

valor ao ponto central da respectiva célula de amostragem foi repetida para células quadradas cobrindo todo o mapa. Dentro do SIG foi executada uma interpolação de uma população de 48.000 mil traços de fraturas através de método de kriggagem, adotando-se quatro (4) classes de densidade relativa de fraturas e o traçado de isolinhas. A análise do mapa de densidade de fraturas foi a base para a obtenção e identificação de eixos de máximo fraturamento. Em um refinamento dessa análise, a população de traços de fraturas foi separada em seis direções tectônicas, a saber: N15° - 35°W; N35° - 55°W; N45° - 65°E; N80°W - N80°E; N10°E - N10°W; N15° - 35°E.

O Mapa de Áreas de Recarga e Fluxo de Água Subterrânea foi produzido a partir da interpretação de mapas preliminares, como o mapa de condicionantes hidrogeológicos gerado a partir do mapa de drenagens e do mapa de lineamentos estruturais. Este mapa foi construído a partir da identificação das relações de simetria entre os canais de drenagem consequentes e obsequentes e delineamento das linhas de contorno estrutural não cotadas da área de estudo. Um segundo mapa foi elaborado para retratar o fluxo de água subterrânea seguindo o que determinaram Veneziani et

al.(1993), ou seja, que a associação de dobramentos flexurais com movimentos distensivos pode prover informações sobre a distribuição de água subterrânea ao longo dos altos e baixos estruturais e indicar alguns aspectos sobre o comportamento do fluxo de água em uma determinada região. Para a construção de linhas de contorno estrutural não cotada nas áreas de predominância de rochas pré-cambrianas retrabalhadas foram consideradas a atitude da foliação metamórfica milonítica/cataclástica; a atitude do lineamentos regionais mais significativos que exercem influência sobre a estruturação geral da área; a determinação de estruturas mais importantes (falhas e fraturas) que possam favorecer o processo de infiltração e percolação de águas subterrâneas ao longo dos altos e baixos estruturais. O mapa final é mostrado na Figura 3.

A síntese relativa a áreas de recarga morfoestrutural versus atributos físicos utiliza como mapa base o Mapa de Recarga e Fluxo de água subterrânea, o qual determina as principais áreas de recarga (fluxo discordante divergente), descarga (fluxo discordante convergente) e concordante (fluxo unidirecional). Neste mapa foram identificados as 16 principais áreas de recarga. Essas áreas são porções alongadas orientadas NE, paralelas a estruturação da área e ao alongamento das unidades litoestruturais. A descrição dessas áreas é apresentada no Quadro 1.

Para efeitos de visualização espacial dos dados de nível d'água subterrânea, a bacia sedimentar de Taubaté foi compartimentada em dois blocos (leste e oeste), sendo que o bloco oeste vai de Jacareí a Caçapava e o bloco leste, de Caçapava a Cachoeira Paulista (Figura 4). Esta compartimentação foi necessária pois os dados de distribuição dos poços são concentrados principalmente no bloco oeste (Jacareí, São José dos Campos e Caçapava), e dispersos na parte leste havendo uma maior quantidade de poços do bloco leste, principalmente no Município de Lorena.

Foram cadastrados 368 poços tubulares profundos na bacia sedimentar de Taubaté, no bloco oeste, entre o “cotovelo” de Guararema e o Município de Caçapava, e 78 poços tubulares profundos no bloco leste, entre o Município de Caçapava e o Município de Arapeí. Subtraiu-se o resultado encontrado para o nível d'água (nível estático) do valor da cota dos poços, obteve-se o nível potenciométrico.

Através da interpolação dos dados dos níveis estáticos dos poços cadastrados nos municípios inseridos à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, utilizando o software Surfer 8.0, foi confeccionado um mapa de isolinhas equipotenciais dos níveis d'água dos aquíferos (Figura 4). Observa-se que o fluxo d'água subterrânea regional, converge das Serras da Mantiqueira (ao Norte) e do Jambeiro e Quebracangalha (ao Sul) para o rio Paraíba do Sul. A cota média do rio Paraíba do Sul nos Municípios de São José dos Campos, Jacareí e Caçapava é de aproximadamente 540 m e no Município de Lorena é aproximadamente de 510 metros, indicando uma mudança de gradiente nessa

Quadro 1. Relação das áreas de recarga identificadas a partir da síntese relativa a áreas de recarga morfoestrutural versus atributos físicos.

ÁREAS DE RECARGA	ÁREAS POTENCIAIS - ALTA DENSIDADE DE FRATURAS
Área de Recarga 1	Extremo Norte da área de recarga (Sudeste de Lorena) - Porção Centro-Sul (Sul de Moreira César)- / Extremo Sul (Sudeste de Taubaté).
Área de Recarga 2	Metade Sul da área de recarga (Sul de Silveiras).
Área de Recarga 3	Extremo Norte da área de recarga (Sudoeste de São José do Barreiro), porção central (Norte de Lagoinha), e porção centro-sul (Norte redenção da Serra).
Área de Recarga 4	Extremo Norte da área de recarga (Região de Jambeiro)- / Extremo sul (Sul de Jacareí) .
Área de Recarga 5	Extremo Norte da área de recarga (Sul de Cunha), centro-norte (Leste de Catuçaba) e porção central (Leste de Natividade da Serra).
Área de Recarga 6	Região Central da área de recarga (Arapeí).
Área de Recarga 7	Região central da área de recarga (Sul de Natividade da Serra).
Área de Recarga 8	Centro-Sul da área de recarga (Sudeste de São José do Barreiro).
Área de Recarga 9	Não caracterizada espacialmente.
Área de Recarga 10	Não caracterizada espacialmente.
Área de Recarga 11	Extremo Norte da área de recarga (Sul de Bananal), e extremo sul Sul de São José do Barreiro).
Área de Recarga 12	Extremo Norte da área de recarga (Noroeste de São José dos Campos), extremo sul (Região de Arujá) e centro-norte (Região de Igaratá).
Área de Recarga 13	Não caracterizada espacialmente.
Área de Recarga 14	Extremo Norte da área de recarga (Norte de Queluz/porção central Oeste de Piquete).
Área de Recarga 15	Toda área de recarga (Monteiro Lobato).
Área de Recarga 16	Toda área de recarga (São Francisco Xavier).

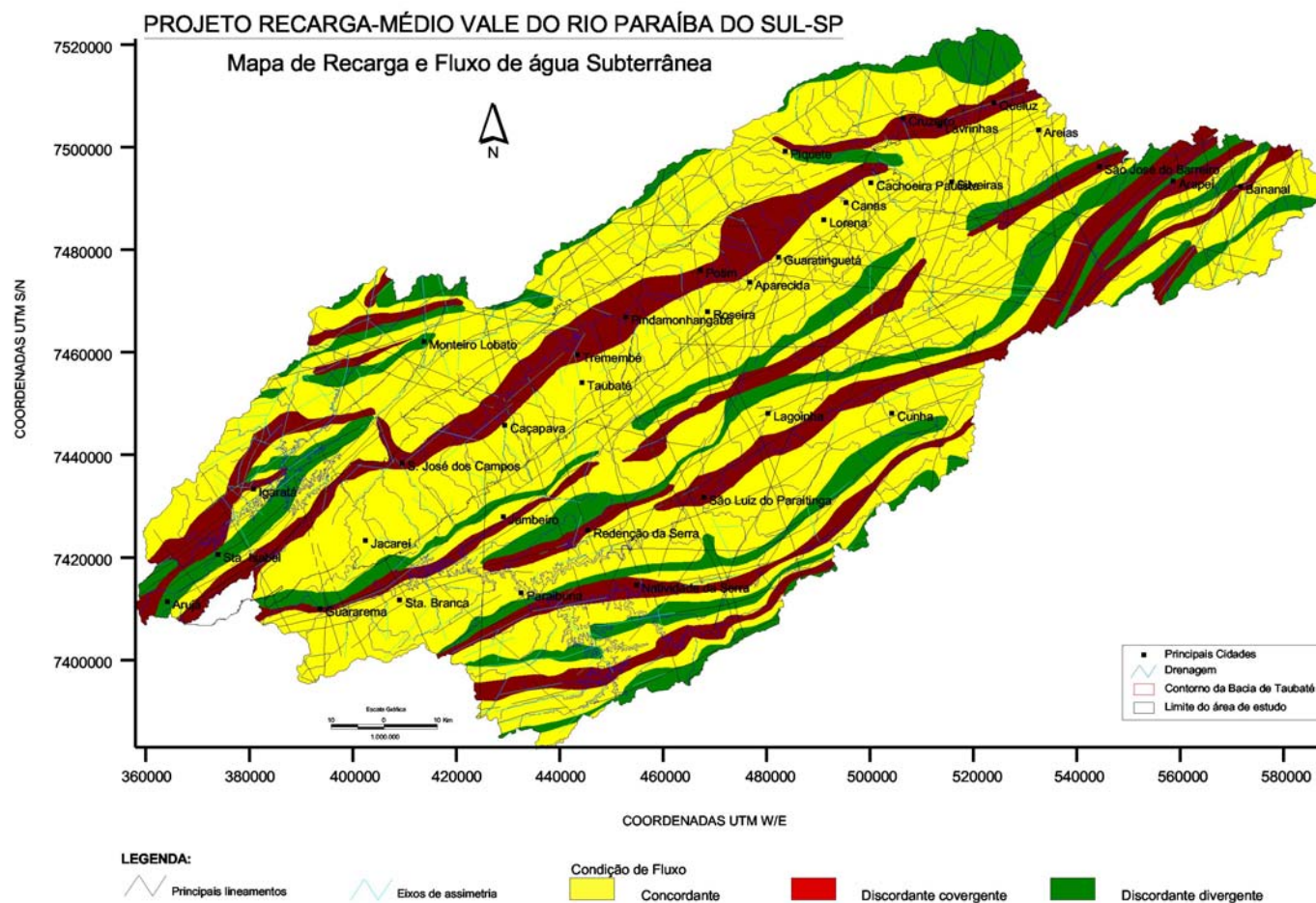


Figura 3. Mapa de Áreas de Recarga e Fluxo de Água Subterrânea.

área, onde o rio desce cerca de 30m. A análise das isolinhas ao longo do curso do rio mostrou a presença de níveis estáticos menores que os níveis de base do rio Paraíba do Sul, determinando a classificação do rio Paraíba do Sul como influente nessas áreas, ou seja, a água do rio alimenta os reservatórios subterrâneos quando o nível do rio é mais elevado que o da superfície do aquífero e quando o leito do rio é permeável. Estes dados obtidos são concordantes com os dados do DAEE (1977) e reforçam a tese de que o rio Paraíba do Sul é influente em grande parte do seu percurso no Município de São José dos Campos (desde Jacareí até Caçapava), no bloco oeste e no Município de Lorena, no bloco leste.

Os rios influentes são típicos de regiões semi-áridas e este comportamento não é esperado em rios do Sudeste brasileiro. Isto demonstra que o bombeamento dos poços tubulares profundos, em atividade no Vale do Paraíba, desde a década de 30, induz a recarga das águas provenientes dos cursos d'água, que infiltram no seu leito e percolam suprindo o aquífero sedimentar.

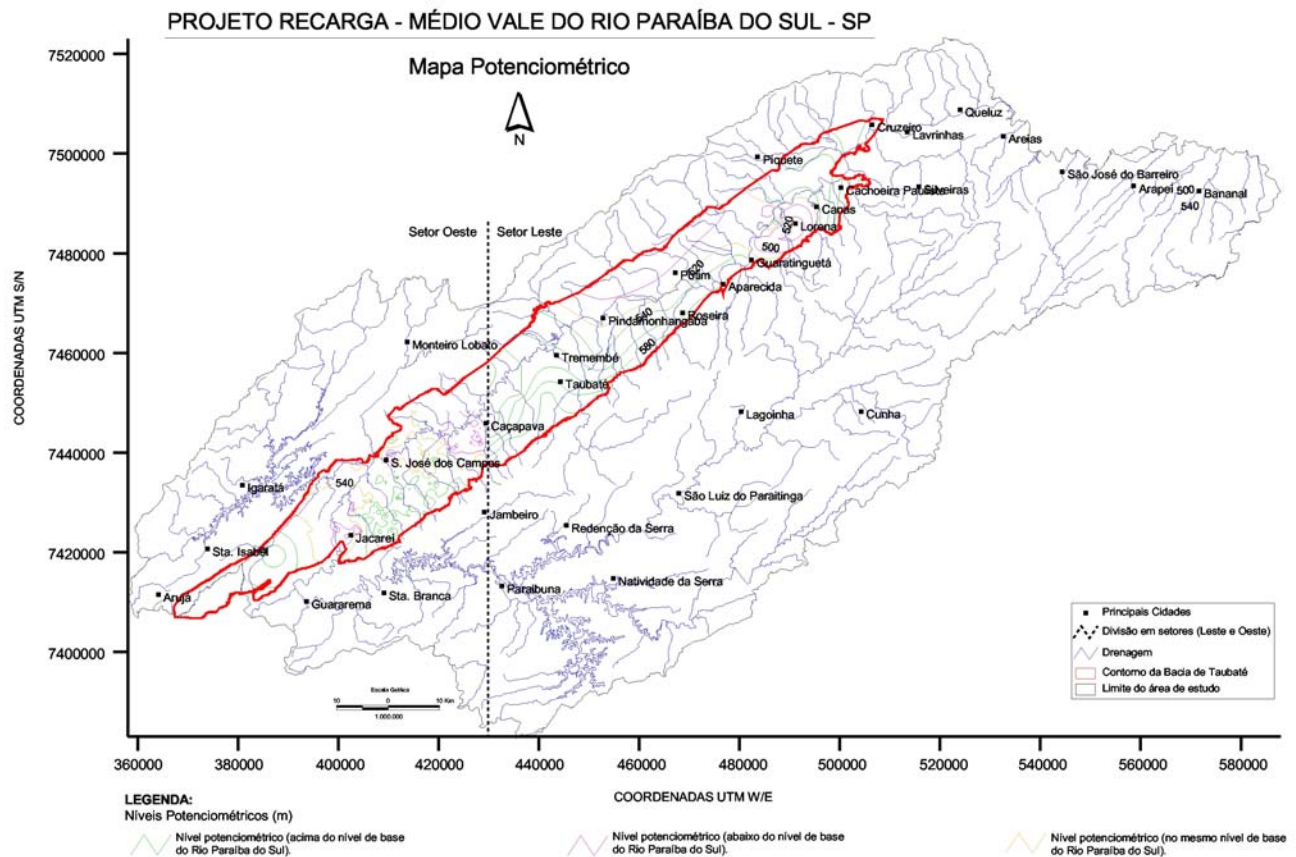


Figura 4. Mapa potenciométrico do Vale do Paraíba Paulista com ênfase na área da bacia de Taubaté.

Em outras áreas da bacia sedimentar como na região de Taubaté e Tremembé, as isolinhas equipotenciais mostram valores superiores ao nível de base ao longo do percurso do rio, indicando que o rio Paraíba do Sul é efluente, típico de região úmida, onde a água do lençol freático é despejada nas fontes que alimentam o rio, pois a superfície livre do aquífero freático está em cota mais elevada que o nível de base do rio.

As áreas de alta densidade de fraturamentos foram analisadas quanto a sua densidade geral e quanto as suas direções específicas (identificando eixos de máximos fraturamentos), correlacionados ao modelo de deformação de Riedel (1929), que definem feixes de fraturamentos. A correlação entre estas áreas de alta densidade de fraturas e a frequência média de feixes de fraturamentos em cada uma, permitiu avaliar cada uma das áreas descritas no Quadro 1 quanto ao seu potencial hidrogeológico. Adotaram-se valores proporcionais de ocorrência dos feixes de fraturas, considerando todas as direções analisadas. Foram delimitadas onze (11) áreas, identificada como de alta densidade. Essas áreas foram divididas pelo número de feixes de fraturas existentes sobre cada uma e o resultado conduziu a elaboração de uma escala de pesos de 1 a 3, cujos valores individuais foram adotados para classificar

cada área. As áreas de interação entre características dos lineamentos (densidade de lineamentos e cruzamentos); feixes de fraturas e alta densidade de fraturamento, apontam regiões que podem ser interpretadas como áreas de percolação com melhor qualidade e/ ou capacidade a infiltração, portanto de maior potencial para a recarga de água subterrânea. A Figura 5 mostra a distribuição e a relação entre os feixes de fraturas, as áreas de recarga morfoestrutural e áreas de alta densidade de fraturas.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise, baseada na convergência de evidências, fornecida pela integração de informações obtidas nas diferentes correlações, enfocando aspectos físicos diferenciados da região estudada, permitiu a identificação de áreas cujos atributos indicam as mesmas como sendo as mais importantes áreas de recarga e áreas de descarga do Vale do Paraíba Paulista. A correlação entre áreas de recarga e

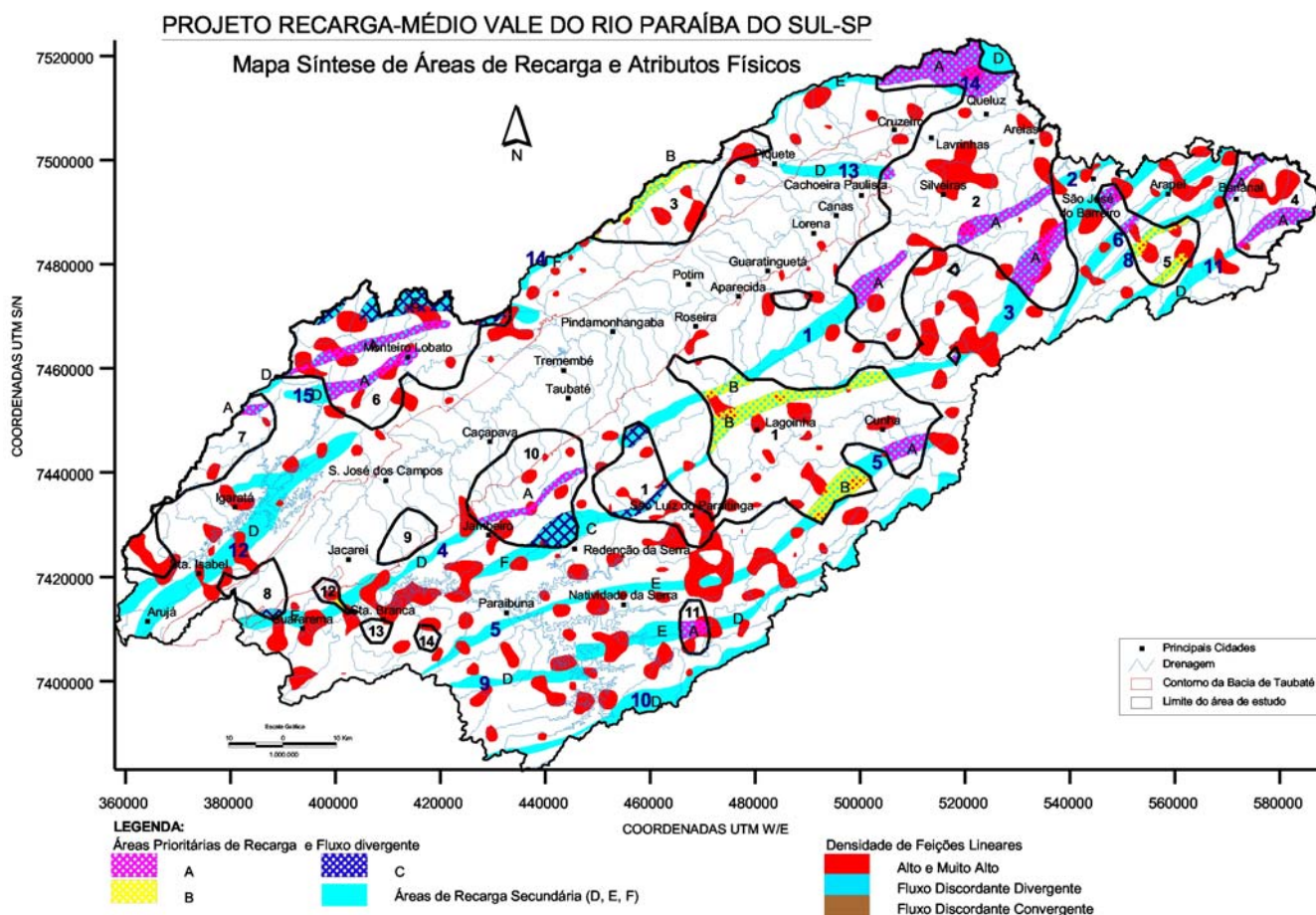


Figura 5. Mapa integrado entre áreas de recarga, fluxo de água subterrânea e áreas de alta densidade de fraturamento.

áreas de alta e média densidade de fraturamentos, identifica trechos com maior potencial a recarga do aquífero subterrâneo. Os métodos utilizados para a realização do trabalho, principalmente quanto à escala, apresentaram resultados opostos para as regiões cristalinas e as regiões sedimentares da Bacia de Taubaté. No cristalino – porosidade secundária – o potencial de obtenção de dados geológicos, estruturais e tectônicos e a possibilidade da caracterização física geral, baseados na geologia e em atributos de relevo, drenagem, topografia e etc., tornam o método de fotointerpretação e análise de imagens uma ótima ferramenta para a identificação e qualificação de áreas de recarga e de descarga. Por outro lado, a avaliação do comportamento hidrodinâmico deste aquífero é comprometido pela rápida variação em área de parâmetros e características geológicas e estruturais que compõem os sistemas aquíferos, e não permitam estender uma correlação hidrogeológica entre dados interpretados a nível regional. Esta condição é ainda agravada pelo pouco número de poços profundos sobre o cristalino em relação ao restante da região.

Na região do aquífero sedimentar existe pouca dependência dos sistemas de fraturas e apresenta unidades mais homogêneas e com grande extensão lateral. A caracterização é otimizada por meio de análise de dados de poços profundos. A intensa exploração do aquífero sedimentar na região resulta na disponibilização de uma amostragem razoável de dados sobre o aquífero poroso. A análise da correlação entre as várias unidades litoestruturais por área sedimentar com os atributos físicos, demonstram a particularidade da região da Bacia de Taubaté como aquífero, e o colocam como a mais importante área de recarga da região do Vale do Paraíba Paulista na totalidade de sua extensão.

Quanto ao fluxo de água subterrânea, revela-se como uma área com duas situações distintas: grandes áreas de fluxo unidirecionais e propícios a recarga e uma importante área de concentração de fluxo discordante convergente. Ambas são consideradas como de alto potencial a recarga e acumulação de água subterrânea.

BIBLIOGRAFIA

- CBH-PSM (Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul e Mantiqueira) (2004). Medidas Emergenciais Visam Recuperação dos Reservatórios do Paraíba. Documento eletrônico, acesso em 16/11/04 www.comitepsm.sp.gov.br.
- COELHO NETTO, A.L. (2003) Evolução de cabeceiras de drenagem no médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2: 69-100.

COIMBRA, R. M.; FREITAS, M. A. V. (2003) O estado das águas na bacia do rio Paraíba do Sul. Documento eletrônico. www.mma.gov.br/port/srh/acervo.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (1977). Estudo de águas subterrâneas: Região Administrativa 3 – S.J. dos Campos e faixa litorânea. Enco/DAEE, São Paulo, v.1, 112 p (texto).

ANJOS, C.E. e DINIZ, H.N. 2006. Caracterização de Áreas de Recarga com Análise Integrada de Dados Orbitais TM Landsat e Dados Hidrogeológicos: Região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo. MC Geologia e Meio Ambiente Ltda., São José dos Campos, 160 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (1986) Levantamentos de Recursos Naturais – Vol. 26.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1981). Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 94p. (IPT. Monografias 5 – nº 1183).

KURKDJIAN, M. L. N. O; VALÉRIO FILHO, M; VENEZIANI, P; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; ANJOS, C. E.; OHANA, T.; DONZELI, P.L.; ABDON, M. N.; SAUSEN, T. M.; PINTO, S.A. F.; BERTOLDO, M. A.; BLANCO, J. G.; CZORDAS, S. M. (1992). Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo. São José dos Campos, 1992, 176. (INPE- 5381-prp/165).

RIEDEL, W. (1929). Zur mechanik geologischer bucherscheinungen. Central bl. f. Blatt F. Min. Geol. Und. Pal., 8: 354-368.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. (1982). Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos: INPE, 1982. 54p.