



XIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO PARA A ESTIMATIVA DE ÁREAS DE RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Clêiton Carvalho Alves¹ & Paulo Sérgio de Rezende Nascimento²

RESUMO: Diante da complexidade dos aquíferos fissurais e da necessidade em garantir o abastecimento de água em comunidades carentes ou limitadas desse recurso natural, a aplicação de geotecnologias surge como um potencial instrumento de prospecção por parte dos técnicos e como uma ferramenta de gestão para o poder público. O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para estimativa de áreas de recargas de água subterrânea do Domínio Vaza-Barris e do Complexo Gnáissico-Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias, e na sequência indicar sua influência com possíveis reservatórios, baseado nas vazões de poços tubulares adjacentes. As técnicas aplicadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram satisfatórias para obter um panorama geral das áreas de recarga, que ao final mostrou os municípios com maior probabilidade de áreas de recarga de águas subterrâneas. O conhecimento de prováveis áreas de recargas de água subterrânea utilizando dados e softwares gratuitos, otimizam tempo e garantem um diagnóstico mais fidedigno da realidade, minimizando custos e garantido o uso sustentável das reservas hídricas.

Palavras-Chave – Geotecnologias; fraturamento; drenagem

INTRODUÇÃO

Historicamente, a carência da disponibilidade hídrica no Polígono da Seca oriunda das condições climáticas e os seus efeitos catastróficos no Nordeste do Brasil estão registrados desde os primórdios da história brasileira. Nas regiões Agreste e Semiárida do Estado de Sergipe, a gestão inadequada e a intensificação da poluição dos solos e das águas superficiais contribuem para a sua escassez na área urbana e rural. O aumento da demanda decorre do maior consumo hídrico pelo crescimento da população e das atividades agropecuárias.

As águas subterrâneas são alternativas de reserva hídrica para suprir a demanda da zona urbana e rural. No entanto, o meio em que o fluxo hídrico infiltra, percola e armazena depende das condições geológicas, podendo contribuir ou limitar ou inviabilizar a exploração de águas subterrâneas. Os aquíferos fissurais, como os que ocorrem nas regiões Agreste e Semiárida sergipanas, são reservatórios inadequados de água subterrânea de acordo com Rebouças (1975).

1) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análises de Bacias, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, carvalhocleiton@hotmail.com

2) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análises de Bacias e Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, (79) 32437121, psrn.geologia@gmail.com

Se por um lado, conforme Veneziani e Rocio (1991), as particularidades, como a baixa vazão e o alto custo de perfuração de poços nos aquíferos fissurais provocaram certo desinteresse no desenvolvimento de pesquisas. Por outro lado, de acordo Singhal e Gupta (2010), há uma grande necessidade de entender as características hidráulicas desses aquíferos, visando atender às necessidades locais. De acordo com Rebouças (2008), os intervalos mais frequentes das vazões dos poços em zonas fraturadas são menores que 1 a 5 m³/h e substrato intemperizado entre 5 e 10 m³/h, no entanto, segundo CPRM (2020), muitos poços tubulares instalados no Domínio Vaza-Barris e no Complexo Gnáissico-Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias apresentam vazões acima destes valores descritos.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi estimar as áreas de recarga das águas subterrâneas no Domínio Vaza-Barris e no Complexo Gnáissico-Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias, por técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, e associá-las às áreas adjacentes com maior potencial de águas subterrâneas com base na distribuição espacial das vazões de poços tubulares.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada na região centro-oeste do Estado de Sergipe, mais precisamente no Domínio Geológico Vaza-Barris e no Complexo Gnáissico-Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias, que segundo Santos et al. (2001), o primeiro é composto principalmente de metassedimentos psamo-pelito-carbonáticos de baixo grau metamórfico, diferente da segunda unidade composta predominantemente por ortognaisses miloníticos bandados, de composição granítica a granodiorítica, com intercalações boudinadas de anfibolitos e gabros, por vezes com feições migmatíticas refletindo vários estágios de anatexia parcial. Com relação ao sistema hidrogeológico, os tipos de aquíferos são predominantemente fissurais associados ou não a aquíferos cársticos (Figura 1).

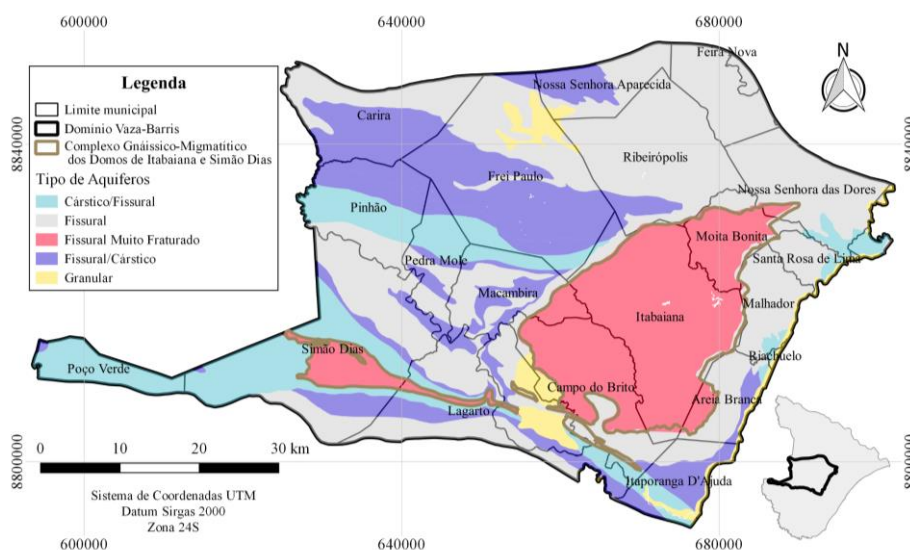


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo no Estado de Sergipe, destacando os tipos de aquíferos e os municípios

Fonte: Adaptado da CPRM (2014)

Trata-se de uma área de aproximadamente 3.323,69 km² (15,17% do Estado), que se estende por 22 municípios sergipanos: Areia Branca, Campo do Brito, Carira, Frei Paulo, Itabaiana, Itaporanga D'Ajuda, Lagarto, Macambira, Malhador, Moita Bonita, Nossa Senhora Aparecida, Nossa



Senhora das Dores, Pedra Mole, Pinhão, Poço Verde, Riachuelo, Ribeirópolis, Santa Rosa de Lima, São Domingos, Simão Dias, Siriri e São Miguel do Aleixo.

Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: (i) dados altimétricos do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) do Projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), quadriculas 10S39_ZN e 10S375ZN, com resolução espacial de 30 m (1 arco-segundo); (ii) dados de vazões de poços tubulares obtidos pelo Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB); (iii) *software* QGIS (Versão 2.18.28) da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo).

Métodos

Os procedimentos foram: (i) técnicas de sensoriamento remoto aplicadas na confecção automática do modelo digital de elevação (MDE) a partir dos dados SRTM e extração manual das lineações de relevo pelo método lógico e sistemático com base em Veneziani e Anjos (1982); (ii) extração automática da drenagem utilizando ferramentas automáticas *Terrain Analysis* do SAGA-GIS; (iii) técnicas de geoprocessamento para espacialização da densidade de lineação de relevo e da densidade de drenagem utilizando interpolador *kernel* com baseado em Nascimento e Silva (2019); e (iv) análise estatística das vazões (m^3/h) de poços tubulares e técnicas de geoprocessamento para espacialização da variável vazão (m^3/h) utilizando o método de interpolação *Inverse Distance Weighted* (IDW), a partir do inverso da distância ao quadrado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao aplicar o interpolador kernel nas lineações de relevo, foram obtidas cinco classes de densidade de lineação de relevo (Figura 2). As maiores densidades de lineação de relevo, interpretadas como descontinuidades nas rochas por sistemas de fraturamento são áreas potenciais de infiltração, pois as fraturas distensivas e penetrativas formam as porosidades e permeabilidades secundárias nas litologias da área de estudo. As regiões com alta e muito alta densidade de lineações de relevo estão localizadas nas bordas nordeste-leste do Domínio Vaza-Barris e na porção centro-oeste da poligonal envolvente (abrangendo o Domo de Itabaiana).

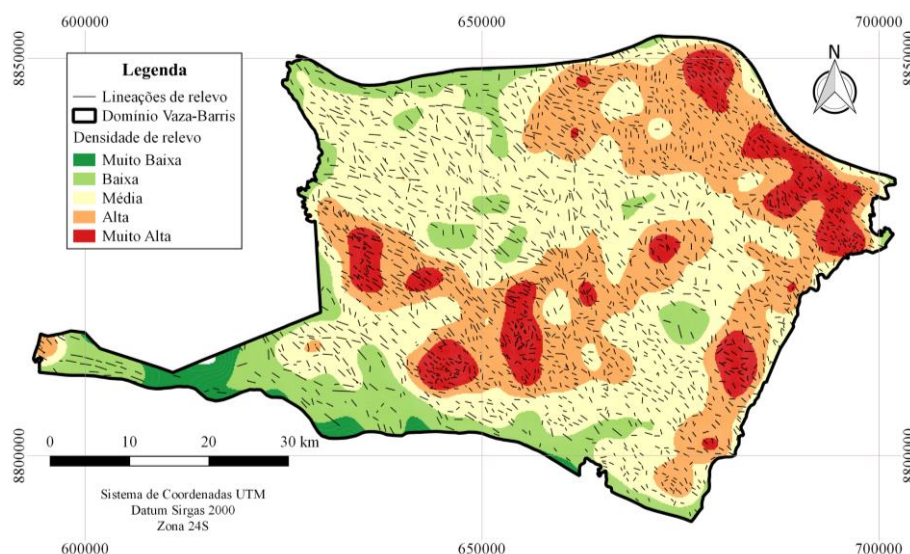


Figura 2 – Mapa de densidade de lineação de relevo

Ao aplicar o interpolador Kernel nas drenagens, foram obtidas cinco classes de densidade de drenagem (Figura 3). A menor densidade de drenagem é indicativa de terreno permeável, indicando

áreas propícias à infiltração de água subterrânea. As regiões com muito baixa e baixa densidade de drenagens estão localizadas de forma descontínuas na borda leste e na porção central (sentido norte-sul) do Domínio Vaza-Barris e parte do Domo de Itabaiana, com algumas áreas isoladas a sudoeste da poligonal (incluindo o Domo de Simão Dias).

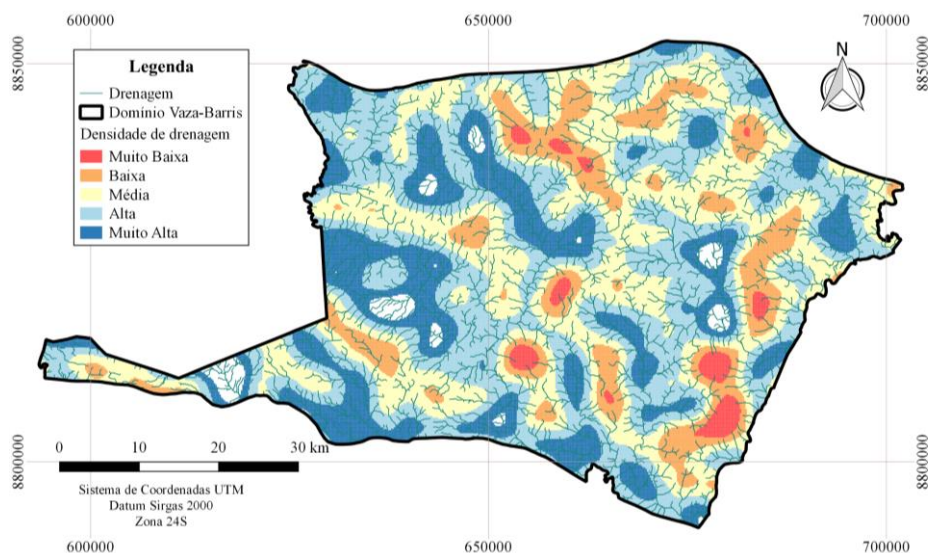


Figura 3 – Mapa de densidade de drenagem

O histograma comprova que os aquíferos fraturados são péssimos armazenadores de água e necessita que as rochas sejam fraturadas para formarem as porosidade e permeabilidades secundárias. Dos 677 poços tubulares analisados, 450 (66,47%) apresentaram vazões entre 0,07 e 6,07 m³/h, 131 (19,35%) apresentaram vazões entre 6,07 e 12,07 m³/h, 80 (11,82%) apresentaram vazões entre 12,07 e 18,07 m³/h, 12 (1,77%) apresentaram vazões entre 18,07 e 24,00 m³/h e 4 (0,60%) apresentaram vazões acima de 24,00 m³/h (Figuras 4).

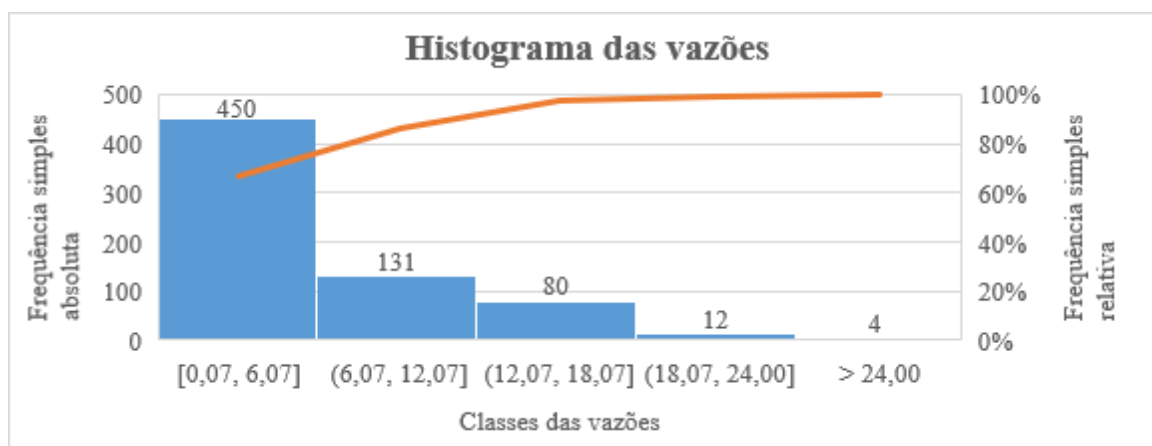


Figura 4 – Histograma das vazões dos 677 poços tubulares da área de estudo

Ao inserir os pontos das vazões dos poços tubulares nos mapas de densidade de lineação de relevo (Figuras 5), constatou-se que há uma distribuição espacial dos poços mais produtivos principalmente nas áreas com densidade de lineações de relevo entre muito baixa a média, com exceção para alguns setores de densidade alta e muito alta localizados nos municípios de Simão Dias, Pinhão, Pedra Mole, Macambira, Itabaiana, Areia Branca e Malhador. Observou-se também a poucos poços tubulares e a presença de baixa a média densidade de relevo no setor noroeste do Domínio Vaza-Barris. É importante ressaltar que a escala de apresentação dos mapas é de 1:400.000, assim, os pontos de vazões dos poços tubulares estão adequadamente cartografados.

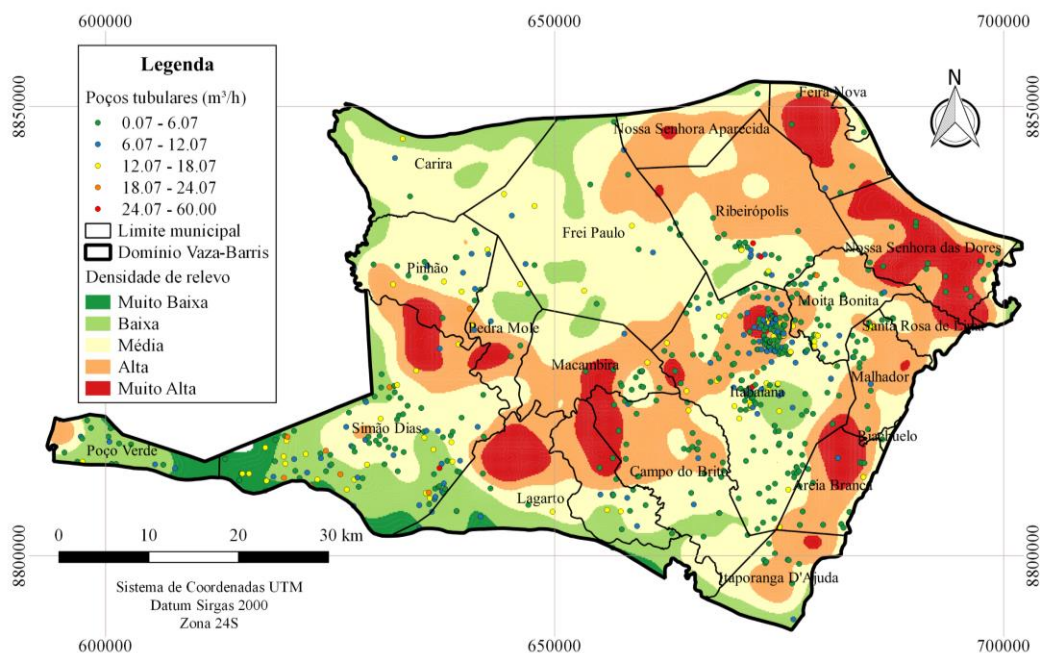


Figura 5 – Mapa de pontos de vazões dos poços tubulares sobrepostos ao mapa de densidade de relevo

Fonte: Vazões obtidas pelo SIAGAS (CPRM)

Ao inserir os pontos das vazões dos poços tubulares nos mapas de densidade de drenagem (Figura 6), constatou-se que há uma distribuição espacial dos poços mais produtivos principalmente nas áreas com densidade de drenagem entre média a muito alta, com exceção para alguns setores de densidade baixa e muito baixa localizados nos municípios de Simão Dias, Macambira, Areia Branca e Malhador.

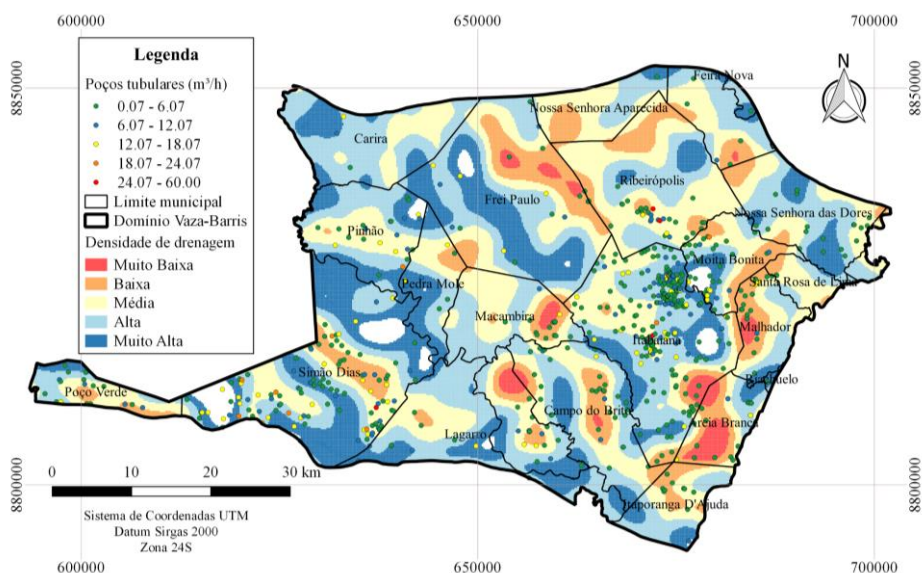


Figura 6 – Mapa de pontos de vazões dos poços tubulares sobrepostos ao mapa de densidade de drenagem

Fonte: Vazões obtidas pelo SIAGAS (CPRM)

De forma geral, a densidade de lineações de relevo apresentou um comportamento espacial mais regular se comparado com a densidade de drenagem. Apesar de existir uma alta percentagem de poços típicos de aquíferos fissurais, há uma fração considerável com vazões acima do esperado (10 m³/h) no Domínio Vaza-Barris e no Complexo Gnáissico-Migmatítico dos Domos de Itabaiana e



Simão Dias. Outro fato que chama a atenção é a locação de poços tubulares produtivos em áreas com potencial de recarga, seja pelo alta densidade de lineações de relevo ou seja pela baixa densidade de drenagem.

CONCLUSÕES

A partir da metodologia aplicada foi possível constatar que as técnicas aplicadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram satisfatórias para obter um panorama geral das áreas de recarga do Domínio Vaza-Barris e do Complexo Gnáissico-Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias.

As densidades da rede de drenagem e das lineações de relevo espacializadas em superfície pelo interpolador Kernel são fundamentais para uma análise indireta do arcabouço estrutural em subsuperfície. Dessa forma, a análise da interconexão dos lineamentos geológicos e a confecção do mapa morfoestrutural por dados de sensoriamento remoto, aliadas às características litoestruturais por trabalho de campo, completarão a interpretação do fluxo da água subterrânea (infiltração, percolação e acumulação).

Os municípios que apresentaram maior favorabilidade à recarga de água subterrâneas, combinando os fatores de maior densidade de lineações de relevo e menor densidade de drenagem, foram: Areia Branca, Campo do Brito, Itabaiana, Itaporanga D'Ajuda, Lagarto, Macambira, São Domingos e Simão Dias.

Entender as zonas favoráveis a infiltração de água e sua conexão com áreas de armazenamento são primordiais para a prospecção de fontes de abastecimento, bem como, para servir de subsídio para o poder público na gestão dessas áreas, seja para garantia das reservas hídricas ou para proteção da potabilidade das águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS

- NASCIMENTO, P. S. R.; SILVA, N. P. C. (2019). *“Aplicações de sensoriamento remoto e análise espacial em alinhamentos geológicos como indicador da potencialidade de acumulação de águas subterrâneas”*. Revista Brasileira de Geomática, 7(4); pp. 204-222.
- REBOUÇAS, A. C. (1975). *“Algumas considerações sobre a hidrogeologia nos terrenos cristalinos do Nordeste brasileiro”*. Recursos Naturais, 3(1); pp. 172-184.
- REBOUÇAS, A. C. (2008). *“Importância da Água Subterrânea”*, in *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Org por Feitosa, F. A. C.; Manoel, F. J.; Feitosa, E. C.; Demétrio, J. C. A. CPRM, Rio de Janeiro - RJ, pp. 13-30.
- SANTOS, R.A.; MARTINS, A.A.; NEVES, J.P.; LEAL, R.A. (2001). *“Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe - texto explicativo”*. CPRM, Brasília – DF, 156 p.
- SINGHAL, B. B. S.; GUPTA, R. P. (2010). *“Applied hydrogeology of fractured rocks”*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 401p.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. (1982). *“Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento e aplicações em geologia”*. INPE, São José dos Campos - SP, 61p.
- VENEZIANI, P.; ROCIO, M.A.R. (1991). *“Critérios de prospecção de água subterrânea com o emprego de dados de sensores remotos na região de Paraibuna-Taubaté-Jambeiro, no Estado de São Paulo”* In Anais do V Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, 1, pp. 27-41