

# SENSORIAMENTO REMOTO, AEROGEOFÍSICA, GEOLOGIA ESTRUTURAL E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS À HIDROGEOLOGIA. ESTUDO DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE BOA VIAGEM E MOMBAÇA

Rafael Santos Furtado<sup>1</sup>, Amélia João Fernandes<sup>2</sup>, André Pires Negrão<sup>3</sup>, Daniela Barbati Osório<sup>1</sup>; Ricardo Hirata<sup>1</sup>; Zulene Almada Teixeira<sup>4</sup>; Luiz Ricardo Cunha Braga<sup>4</sup>; José Guilherme Filgueira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CEPAS|USP. Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, Rua do Lago, 562-Butantã, CEP 055-080, São Paulo, SP, Brasil ([rafael.furtado@usp.br](mailto:rafael.furtado@usp.br); [danibarbati@hotmail.com](mailto:danibarbati@hotmail.com); [rhirata@usp.br](mailto:rhirata@usp.br))

<sup>2</sup>Instituto Geológico- SMA, Rua Joaquim Távora, 822- Vila Mariana, CEP 04015-011, São Paulo, SP, Brasil ([amelia.jfernandes@gmail.com](mailto:amelia.jfernandes@gmail.com))

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Geociências, Rua do Lago, 562- Butantã, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil) ([andrenegrao@usp.br](mailto:andrenegrao@usp.br))

<sup>4</sup>Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Rua Adualdo Batista, 1550- Parque Iracema, CEP 60824140, Fortaleza, CE, Brasil ([zulene.almada@cogerh.com.br](mailto:zulene.almada@cogerh.com.br); [ricardo.braga@cogerh.com.br](mailto:ricardo.braga@cogerh.com.br); [guilherme.filgueira@cogerh.com.br](mailto:guilherme.filgueira@cogerh.com.br))

**Palavras-Chave:** aquífero cristalino fraturado; sensoriamento remoto; geologia estrutural

## INTRODUÇÃO

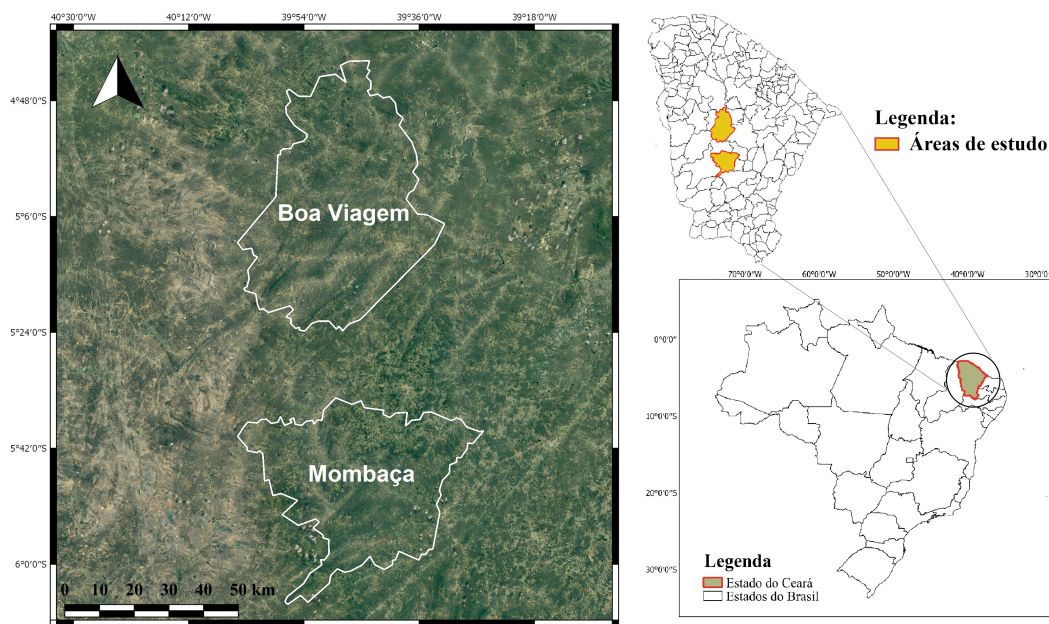
Há tempos a população do semiárido nordestino sofre com problemas de abastecimento de água, decorrentes dos períodos de seca. Alternativas para este cenário foram criadas na forma de políticas públicas, como a construção de açudes, captação de recursos hídricos subterrâneos, transposição de rios e captação de água através de cisternas. No Estado do Ceará a situação é grave. Com pluviosidade média anual de 800 mm (FUNCEME) e extensos períodos sem chuva, suas águas subterrâneas têm alta salinidade, provocada pela lixiviação superficial e transporte para o reservatório, ou dissolução interna no próprio aquífero (Santiago et al., 2000). Cerca de 85% do território do estado cearense pertence ao semiárido (Roberto e Silva, 2010), sendo ausente em algumas porções da região litorânea.

Nesse contexto, o conhecimento sobre a hidrogeologia é fundamental para o melhor aproveitamento das águas subterrâneas. Em regiões onde as fraturas são mais permeáveis, estudos interdisciplinares empregando geologia estrutural, geomorfologia e interpretação de imagens de sensores remotos têm auxiliado no conhecimento desses aquíferos, muitas vezes mostrando que existem correlações entre padrões geomorfológico-estruturais e a produtividade de poços.

Este trabalho faz parte do convênio entre a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) do Estado do Ceará e o Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP).

A área de estudo está inserida no semi-árido e compreende os municípios de Boa Viagem e Mombaça (Figura 1), situados no centro oeste do estado do Ceará, região do semiárido. O município de Boa Viagem tem situação hídrica mais precária, enquanto Mombaça apresenta situação menos grave.

Pretende-se analisar a produtividade de poços em um aquífero fraturado, nos municípios de Boa Viagem e Mombaça, no semiárido do estado do Ceará, a partir das suas características geológicas, geomorfológicas e estruturais. O emprego associado de técnicas de sensoriamento remoto, aerogeofísica e geoprocessamento visa a geração de mapas de lineamentos e morfoestruturais. Além desses, também será analisada a influência das litologias e de domínios estruturais sobre a produção desses poços.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Elaboração: Rafael Santos Furtado. Junho/2018

Figura 1: Mapa das áreas de estudo (imagem Google Earth, 2018).

## METODOLOGIA

Em ambiente SIG, dados de capacidade específica de poços serão confrontados, de forma integrada, com mapas geológicos e hidrográficos, mapas geofísicos, modelos digitais de terreno e imagens multiespectrais (sensoriamento remoto). A partir desses mapas serão mapas de lineamentos, mapas morfoestruturais, e cartografadas feições litoestruturais e domínios estruturais homogêneos, que possam contribuir ao entendimento das principais variáveis geológicas controladoras da produtividade de poços.

As folhas Boa Viagem, Crateus, Independência, Itaira, Mombaça, Novo Oriente, Parambu, Quixeramobim, Senador Pompeu e Várzea do Boi, todas na escala 1:100.000, forenecerão a base geológica para o estudo. Os mapas serão obtidos na plataforma Geobank (<http://geosgb.cprm.gov.br/>) da CPRM.

Os dados espaciais a serem utilizados provêm do satélite Alos Palsar, projeto desenvolvido com o intuito de agregar informações para trabalhos científicos na área de sensoriamento remoto. As imagens darão base à produção do modelo digital de elevação (MDE), uma representação matemática que, a partir de ferramentas de ângulos de iluminação e sombra de imagens, gera uma imagem tridimensional de superfície. O modelo digital de elevação (MDE), a fim de se obter uma compartimentação geomorfológica da área, será confeccionado a partir da ferramenta Hillshade do software ArcMap<sup>TM</sup> 10.3 (ESRI, 1999). Este recurso propicia a identificação de discontinuidades no terreno, uma vez que as estruturas são ressaltadas quando a incidência de luz é oblíqua ou perpendicular a sua direção. A definição de blocos geológicos, delimitados por zonas de cisalhamento, falhas e lineamentos de dimensão regional, tem sido analisada em alguns trabalhos como condicionante da produtividade de poços em cada setor (Fernandes, 2008).

Os dados aerogeofísicos serão adquiridos a partir da Base de Dados de Projetos Aerogeofísicos do Brasil, denominada AERO, criada pela CPRM (1995). Os projetos que englobam a área de estudo são: Projeto Aerogeofísico Novo Oriente (1074), com espaçamento das linhas de vôo de 500m e Projeto Aerogeofísico Borda Leste da Bacia do Maranhão (1044), que possui espaçamento de 1000m das linhas de

vôo. Para a interpretação dos dados magnetométricos utilizou-se a derivada de primeira ordem (1D), a fim de delinear feições estruturais. No caso dos dados gamaespectrométricos, utilizou-se os canais K, U, Th, composições de falsa cor (RGB) e contagem total (CT) no intuito de definir um mapa litogeofísico.

Será confeccionado um mapa hipsométrico através da ferramenta de interpolação Standart Deviations do software ArcMap™ 10.3 (ESRI, 1999). Este mapa permite uma melhor visualização das diferentes formas de relevo, aspectos morfoestruturais e compartimentos geomorfológicos.

O mapa de lineamentos será gerado a partir da interpretação manual, na tela do computador, do modelo digital de terreno, incrementado pela rede de drenagem digitalizada. O traçado das feições lineares será realizado na plataforma ArcMap™ 10.3, segundo as diferentes direções de iluminação do modelo digital de elevação. As medidas de azimute e comprimento dos lineamentos serão obtidas a partir da metodologia descrita por Oliveira et al., 2009, que inclui programação por VBA (Visual Basic for Applications) e a ferramenta Field Calculator do programa ArcMap™ 10.3. Assim, será possível construir rosetas de frequência dos azimutes das feições lineares, a partir das imagens confeccionadas.

O mapa morfoestrutural tem como base o mapa de lineamentos, modelo digital de terreno (MDT), mapa hipsométrico e a rede de drenagens da área digitalizada. A partir destes, analisa-se as simetrias-assimetrias de rede de drenagens, ou sua tropia (Madrucci et al., 2003), a fim de identificar grandes flexuras regionais e sua possível influência na produtividade dos poços do banco de dados.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

Ao final deste trabalho espera-se obter uma correlação entre os valores de capacidade específica dos poços estudados e os fatores condicionantes das suas produtividades (valores de capacidade específica) em aquíferos fraturados, como litologia, espessura do manto inconsolidado, distância dos lineamentos e das intersecções dos lineamentos e domínios estruturais (Fernandes e Rudolph, 2001; Fernandes et al., 2007; Fernandes, 2008, entre outros).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ESRI. ArcMap® 10.3 - ArcMap™ 1999. Disponível em: <<http://webhelp.esri.com>>.

Fernandes, A. J. e Rudolph, D. L. (2001). The influence of Cenozoic tectonics on the groundwater-production capacity of fractured zones: a case study in São Paulo, Brazil. *Hydrogeology Journal*, 2001, 9: 151-167.

Fernandes, A. J., Perrotta, M. M., Salvador, E. D., Azevedo, S. G., Filho, A. G e Paulon, N. (2007). Potencial dos aquíferos fraturados do Estado de São Paulo: condicionantes geológicos. São Paulo. *Revista Águas Subterrâneas*, v.21, n.1, p. 65-84.

Fernandes, A. J. (2008). Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. *Revista do Instituto de Geociências*, 29 (1/2), 49-72.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em: mar. 2018.

Mapas político-administrativos do Brasil e do Ceará. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: jun. 2018.

Madrucci., V., Araújo, C. C. e Taioli, F. (2003). Sensoriamento remoto, aerogeofísica e geoprocessamento aplicados ao estudo de aquífero fraturado em terreno cristalino, leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 33 (2 supl): 43–52.

Oliveira, D. B., Moreno, R. S., Miranda, D. J., Ribeiro, C. S., Seoane, J. C. S. e Mello, C. L. (2009). Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XX., Natal.

Ribeiro, E. C. M. e Silva, M. C. (2010). Um retrato do semiárido Cearense. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE.

Santiago, M. M. F., Frischkorn, H. e Filho, J. M. (2000). Mecanismos de salinização em águas do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, 2000, Fortaleza.