

# MAPA DE POTENCIAL PARA RESERVATÓRIO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA DE TAUBATÉ

Marcel Bonfim<sup>1</sup>; André L P Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas (SP). msbonfim01@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas (SP). andrepontara@yahoo.com

**Palavras-Chave:** Hidrogeologia; Potencial Hídrico; Bacia de Taubaté

## INTRODUÇÃO

A Bacia de Taubaté encontra-se entre São Paulo e Rio de Janeiro abrangendo importantes centros urbanos, tais como: São José dos Campos e Taubaté. A Bacia de Taubaté possui um alto potencial para extração de água subterrânea apresentando um grande número de poços tubulares os quais se destinam ao abastecimento urbano, industrial e da agricultura, assim o interesse em se conhecer melhor as características da Bacia se torna de extrema importância para a melhor compreensão das áreas de maiores e menores potenciais para extração de água subterrânea.

O presente trabalho teve como objetivo integrar dados da distribuição de arenitos na Bacia, dados de vazão e dados das litologias da Bacia. A integração entre estes permitiu gerar um mapa de regiões com maiores e menores potenciais para extração de água subterrânea. A pesquisa gerou um volume significativo de informações que podem auxiliar na caracterização de regiões com altos e baixos potenciais para reservatório na Bacia de Taubaté.

Resultado de um Rift abortado, a Bacia de Taubaté localiza-se no vale do Rio Paraíba do Sul, entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo.

A Bacia apresenta-se morfológicamente como uma depressão localizada entre as Serras do Mar e Serra da Mantiqueira no planalto Atlântico. Esta Bacia possui direção SW-NE, com 170 Km de comprimento e 25 Km de largura. A Bacia de Taubaté encontra-se sobre o embasamento cristalino formado por rochas migmatíticas, metamórficas e granitoides referentes às rochas policíclicas do cinturão de dobramentos Ribeira, datadas entre o Paleoproterozoico e o Neoproterozoico (Hasui *et. al.*, 1975; Hasui, 1978). As datações referentes às rochas sedimentares permitem classificá-las com idades do Eoceno ao Mio-Pleoceno (Riccomini *et. al.*, 2004).

Depositado durante o Paleógeno (Eoterciário), o *Grupo Taubaté* é subdividido nas *formações Resende, Tremembé e São Paulo*. A *Formação Resende* é constituída por um sistema de leques aluviais associados à planície fluvial de rios entrelaçados. As rochas típicas desta formação são conglomerados polímiticos, interdigitados com arenitos e lamitos arenosos de leques aluviais.

A *Formação Tremembé* interdigita-se lateral e verticalmente com os depósitos da *Formação Resende*, constituindo-se na unidade mais significativa da porção central da bacia. Esta formação, depositada em ambiente lacustre do tipo *playa-lake* (Riccomini, 1989) é composta por: argilitos verdes maciços; dolomitos tabulares; ritmitos formados pela alternância de folhelhos e margas; arenitos com estratificação cruzada sigmoidal e granodecrescência de areia média até silte; e arenitos grossos. A *Formação São Paulo* compreende um sistema fluvial meandrante, sendo as principais fácies sedimentares compostas por arenitos grossos, conglomeráticos, com abundante estratificação cruzada, siltitos e argilitos laminados e arenitos médios e grossos gradando para sedimentos mais finos.

Os sedimentos da *Formação Pindamonhangaba* ocorrem sobrepostos em discordância ao Grupo Taubaté. Depositada no Neoterciário, esta formação corresponde aos depósitos de sistema fluvial meandrante.

Por fim, ocorrem os sedimentos aluviais e coluviais quaternários posicionados ao longo das drenagens principais dos rios da região.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram dados históricos de poços tubulares perfurados na Bacia de Taubaté, ao todo foram adquiridos dados de 347 poços tubulares, dentre eles 149 possuíam dados referentes à vazão. Os softwares utilizados para o tratamento dos dados na pesquisa foram *Arcgis*, *Sgems* e *Excel*.

A metodologia aplicada no trabalho consistiu em criar um mapa que, representasse as regiões de maiores e menores potenciais para extração de água subterrânea na área de estudo. A elaboração do mapa foi feita com base em outros três mapas: mapa de porcentagem de arenitos, mapa de vazão dos poços contidos na área de estudo e mapa de litologias elaborado pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM).

Para facilitar a apresentação dos dados, a Bacia de Taubaté foi compartimentada segundo Riccomini (1989) e foi considerado apenas o Compartimento São José dos Campos, sendo este, delimitado pelo alto estrutural de caçapava. Esta divisão pode ser encontrada em trabalhos relacionados à Bacia de Taubaté como Riccomini (1989), Fernandes & Chang (2002) e Carvalho *et. al.* (2011).

O primeiro passo para a criação do Mapa de Porcentagem de Arenitos foi definir a espessura de cada intervalo de arenito nos poços. Esta etapa foi realizada no *software Excel* por meio de macro no VBA (*Visual Basic Advanced*). O VBA por meio de linguagem de programação permite a automatização de ferramentas e formatação de tabelas no Excel. No presente trabalho foi criada a macro para encontrar e somar cada espessura de arenitos individualmente para cada poço. A soma destes intervalos de arenito foi dividida pela profundidade total do poço de forma a calcular-se a porcentagem de arenito de cada poço. Este processo foi realizado para todos os poços criando-se um banco de dados. A partir do cálculo da porcentagem de arenito os poços foram interpolados pelo método de Krigagem no ArcGis. A krigagem é um método de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço. A Krigagem (Journel, 1978) pondera os vizinhos mais próximos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade, em pontos em que o variograma é conhecido (Yamamoto *et. al.*, 2013). O método Krigagem Ordinária foi utilizado com um raio de busca de 15 Km. Por fim, foi criada uma máscara (*Mask*), no ArcGis, limitando o *shapefile*, com a interpolação dos dados de porcentagem de arenitos, à área de estudo.

O mapa de Vazão foi construído utilizando dados de vazão de água captados pelos mesmos poços utilizados para o mapa de Porcentagem de Arenitos. O passo seguinte foi realizar a interpolação dos poços pelo método de krigagem.

O mapa de Litologias foi adquirido a partir de dados em formato de *Shapefile* baixados através do *Geobank*, site contendo informações acerca de geologia da CPRM.

Na criação do mapa de regiões de maiores e menores potenciais para extração de água subterrânea (Figura 2) foi utilizado o método da Lógica *Fuzzy*. No método da Lógica *Fuzzy*, existem duas formas de se tratar os dados: o método categórico, usado quando os dados ocorrem em categorias não-relacionadas e categorias mutuamente exclusivas, no qual o especialista define os pesos da função *fuzzy* e, através de funções matemáticas, quando as informações são relacionadas (ordinal, intervalos, razões), onde o especialista atribui os parâmetros de entrada das funções e o programa calcula as curvas automaticamente. Na pesquisa utilizou-se o método categórico para gerar-se pesos para as litologias e o método não categórico nos dados de porcentagem de arenito e vazão dos poços. Na atribuição dos pesos para as litologias levou-se em conta a vazão média fornecida pelos poços presentes em cada litologia e a porcentagem de arenito presente em cada litologia. No método não categórico, foram tratados os mapas de porcentagem de arenito e de vazões, para ambos foi utilizada a função *Large*, esta função é utilizada para dados ordenados, onde maiores valores estão relacionados aos maiores valores de pertinência *fuzzy*, na função *Large* é possível definir um ponto a partir do qual a função cresce e decresce, valor de espalhamento.

A integração entre os três mapas: mapa de porcentagem de arenitos, mapa de vazão dos poços contidos na área de estudo e mapa de litologias, foi feita com a Lógica *Fuzzy* através do operador *AND*, equivalente ao operador “E” booleano é definido pela expressão (1).

$$\mu_{saída} = \text{Mínimo}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (1)$$

Seu uso é apropriado em situações como a da atual pesquisa, onde duas ou mais evidências sobre determinada hipótese devem ocorrer juntas para tornar a hipótese verdadeira.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao trabalhar-se com os 347 dados de poços tubulares na Bacia de Taubaté, verificou-se como ilustrado na figura 1, que as Formações São Paulo e Pindamonhangaba correspondem ao maior volume de água subterrânea extraída na Bacia, esses números podem ser explicados através das características litológicas dessas Formações.



Figura 1. Porcentagem da vazão extraída em cada Formação em relação ao total.

As Formações São Paulo e Pindamonhangaba compreendem um Sistema Fluvial Meandrante no qual é caracterizado por fácies conglomeráticas na base e fácies de sedimentos mais finos no topo. Esse tipo de sistema é responsável por gerar altas porcentagens de arenito sobrepostos por sedimentos mais finos, que os torna excelentes reservatórios. A profundidade média de perfuração dos poços tubulares na bacia é de 121 metros, sendo a profundidade média de perfuração para os poços com vazão acima de 80 m<sup>3</sup>/h de 206m.

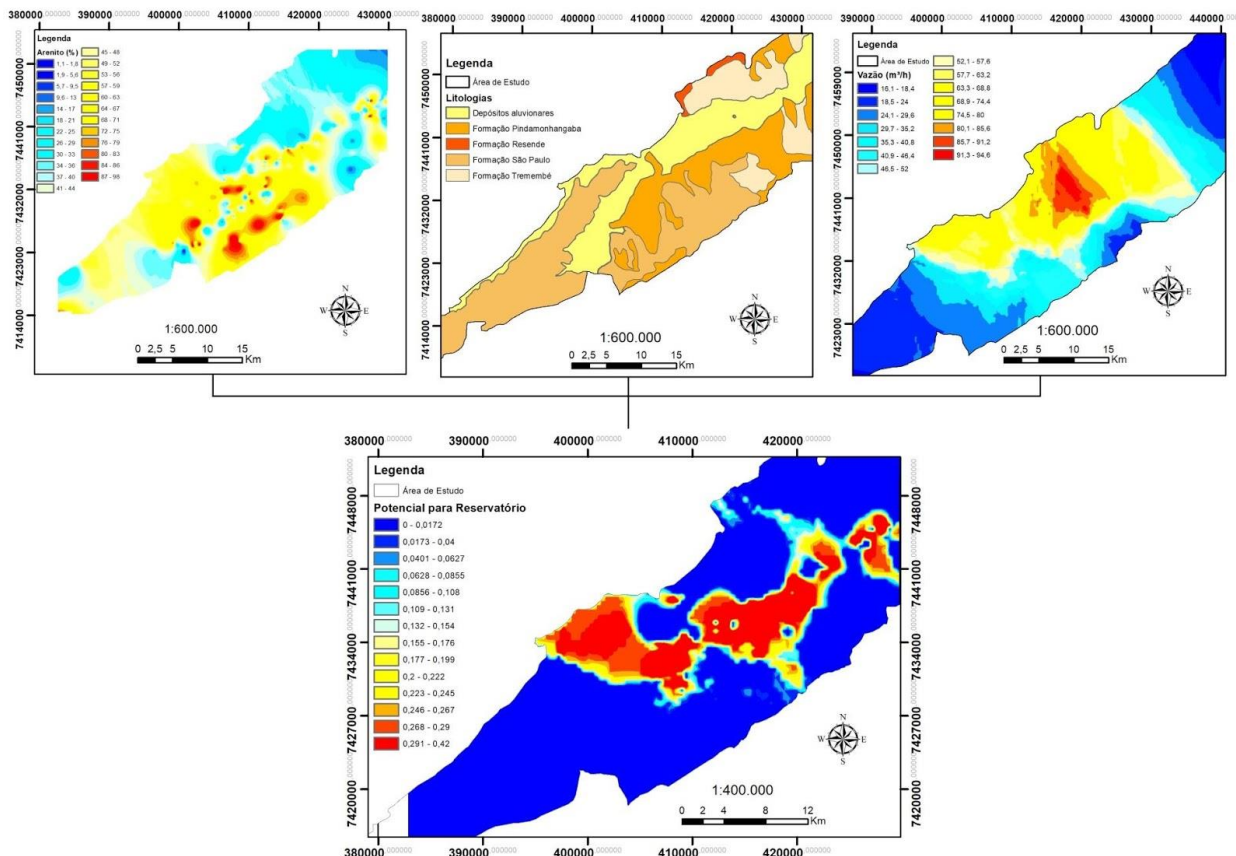


Figura 2 - Layout contendo informações de porcentagem de arenitos na Bacia, Litologias e valores de vazão de água. Tais mapas quando unidos pelo método Fuzzy geraram o mapa de Potencial para Reservatório.

O mapa de porcentagem de arenitos mostra valores entre 1,1 a 98 %, sendo que, os valores maiores que 49% predominam na porção central da Bacia, com alguns pontos alcançando valores máximos de 98%, indicando maior quantidade de arenitos na espessura total do pacote sedimentar.

Souza Filho (2012) apresenta mapa de porcentagem de arenitos para a mesma região de estudo com pontos onde as porcentagens são maiores que 80% no sul da Bacia em configuração próxima da encontrada no presente trabalho. O mapa do autor mostra valores mais baixos nas regiões da borda da Bacia e um ponto com até 50% próximo ao alto de Caçapava, mas de modo geral, podem-se encontrar muitas semelhanças nos resultados.

No mapa de vazão, os valores variam de 16,1 a 94,6 m<sup>3</sup>/h. Na área estudada, os valores de vazão acima de 52,1 m<sup>3</sup>/h correspondem à porção central, sendo os valores acima de 80,1 m<sup>3</sup>/h delimitados a uma pequena área de coloração em tons de laranja/vermelho (Figura 2).

O mapa final, Potencial de Reservatório, mostra valores que variam de 0 a 0,42 na área estudada. Os valores predominantes são de 0 a 0,04 ilustrado em tons azul no mapa final, isso indica uma extensa porção da área de estudo com baixo potencial para extração de água subterrânea. Já as porções em tons laranjas/vermelhos indicam regiões de maiores potenciais para extração de água subterrânea na área de estudo. Como pode ser visualizado as regiões de maiores potenciais para extração de água subterrânea estão compreendidas no geral sobre as Formações São Paulo e Pindamonhangaba. Estas regiões são relacionadas a porções do mapa de porcentagem de arenitos com mais de 49% e de vazões maiores do que 52,1 m<sup>3</sup>/h.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho mostra através de dados históricos de poços tubulares, localizados na Bacia de Taubaté, que as regiões de maior potencial para extração de águas subterrâneas estão localizadas entre as cidades de São José dos Campos e Jacaréí. Essas regiões são as responsáveis por conter as maiores vazões e as maiores porcentagem de arenito, caracterizando assim ótimas regiões para extração de água subterrânea. Portanto o produto final, Mapa de Potencial para Reservatório, pode ser usado como um guia para localização de regiões de maiores potenciais para extração de água subterrânea, uma vez que, uma alta porcentagem de arenito e uma boa vazão são variáveis essenciais para garantia de um poço tubular bem sucedido.

## REFERÊNCIAS

- Carvalho, A. M. A.; Vidal, A. C. Y Kiang, C. H. *Delimitação Do Embasamento Da Bacia De Taubaté*. Geol. Usp, Sér. Cient. 2011, Vol.11, N.1, Pp. 19-32. Issn 1519-874x.
- Fernandes, F. L.; Chang, H. K. *Modelagem Gravimétrica Da Bacia De Taubaté: Vale Do Rio Paraíba Do Sul, Leste Do Estado De São Paulo*. Rev. Bras. Geof., São Paulo, V. 19, N. 2, P. 131-144, Aug. 2002.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Coimbra, A. M., 1975. *The Ribeira Folded Belt*. Rev. Bras.Geoc.,5(4):257-266.
- Hasui, Y.; Ponçano, W. L. *Organização Estrutural E Evolução Na Bacia De Taubaté*. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 30., 1978, Recife. *Anais...* Recife: Sbg, 1978. V. 1, P. 368-381.
- Journel, A. G. 1978. *Mining Geostatistics*. Londres. New York: Academic. 600 P.
- Riccomini, C. *O Rift Continental Do Sudeste Do Brasil*. 1989. 304 F. Tese (Doutorado) - Instituto De Geociências, Universidade De São Paulo, São Paulo, 1989.
- Riccomini, C. & Sant'anna, L & Ferrari, A. (2004). *Evolução Geológica Do Rift Continental Do Sudeste Do Brasil*. 2004.. Geologia Do Continente Sul-Americano: Evolução Da Obra De Fernando Flávio Marques De Almeida. 383-406.
- Souza Filho, M. N. *Avaliação Do Potencial Geotermico Da Bacia Sedimentar De Taubaté*. Universidade Estadual Campinas, Instituto De Geociências. 2012.
- Yamamoto, J. K.; Landim, P. M. B. *Geoestatística: Conceitos E Aplicações*. Editora Oficina De Textos, 1.Ed., 2013.