

APLICAÇÃO DE MODELO NUMÉRICO QUASE-TRIDIMENSIONAL AO SISTEMA BEBERIBE - PE

*Abelardo Antônio de A. Montenegro **

*Hélio Paiva França ***

*Suzana M. Gico Lima Montenegro ****

*Daniela de Moraes Gênova *****

*Hélio O. André ***

*Antônio Rolim Júnior ******

RESUMO

A hidrodinâmica do escoamento no sistema Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife é analisada através de modelo quase-tridimensional utilizando-se a técnica das Diferenças Finitas. Dados potenciométricos e de vazão coletados sistematicamente em campo, bem como parâmetros hidrogeológicos obtidos em testes de bombeamento, permitiram a **calibração** do modelo e sua posterior verificação em período subsequente. O modelo calibrado é posteriormente utilizado para simulações futuras do sistema. O modelo calibrado deverá servir de ferramenta para um programa de gerenciamento do aquífero, utilizado como reforço para o abastecimento público da cidade de Olinda e municípios vizinhos.

ABSTRACT

Hydrodynamic flow in Beberibe System (Recife-PE) is studied by a quasi-three-dimensional Finite Difference model. Piezometric and discharge field data as well as hydrogeological parameters evaluated by pumping tests, are used to calibrate and verify the model. Then the model is used to predict regional ground water levels as a tool in a management program of Beberibe system, used for water supply in Olinda (PE) and neighbor towns.

INTRODUÇÃO

Com a limitação, tanto em termos qualitativos quanto

quantitativos, dos recursos hídricos superficiais para fins de abastecimento público, tem-se incrementada a exploração de sistemas subterrâneos. Para análise da disponibilidade hídrica dos aquíferos, surge a necessidade de conhecimentos geológicos e hidrogeológicos das formações, bem como de suas potencimetrias e condições de recarga. Tais informações constituem-se em dados de entrada de modelos matemáticos, especialmente desenvolvidos para uso em computador, objetivando o gerenciamento do sistema em questão.

Visando a obtenção de informações e desenvolvimento de ferramentas para o estabelecimento e manutenção de um programa de gerenciamento, pesquisadores da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco) e hidrogeólogos da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) vêm-se dedicando à análise do sistema aquífero Beberibe, em sua porção localizada na região metropolitana Norte do Recife, através de modelos numéricos. A princípio, foram empregados modelos bidimensionais ao sistema, que pode ser descrito como multicamada, com aquitarde intermediário. Atualmente vem-se utilizando modelos que consideram de forma mais precisa a interação vertical entre os aquíferos que compõem o sistema Beberibe.

* Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE

** Hidrogeólogo da COMPESA

*** Departamento de Eng. Civil - UFPE

**** Estagiária e Bolsista

***** Engenheiro Civil

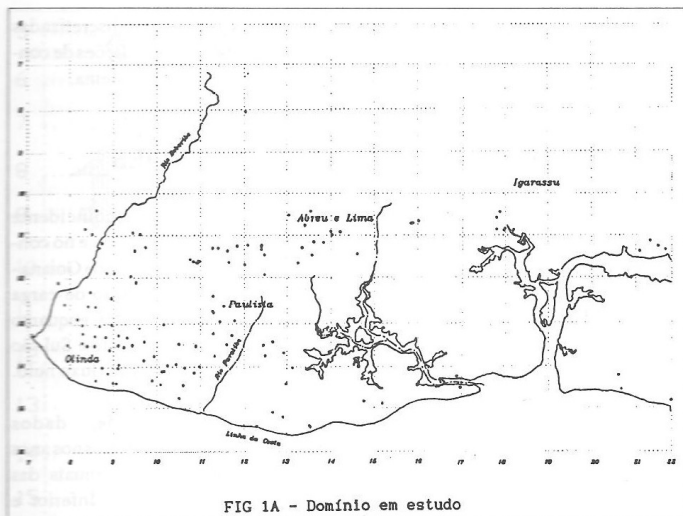


FIG 1A - Domínio em estudo

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO

O sistema Beberibe, constituído basicamente pela superposição dos aquíferos Beberibe Superior e Inferior, arenitos do período cretáceo, localiza-se na bacia costeira dos Estados de Pernambuco e Paraíba. A região de interesse neste estudo é limitada ao Norte pela cidade de Goiana, ao Sul pela cidade do Recife, a Leste pelo Oceano Atlântico e a Oeste pelo contato com o cristalino, no município de São Lourenço da Mata (fig 1).

Esta porção do aquífero vem sendo explotada pela COMPESA como reforço para abastecimento público das cidades de Olinda, Paulista e municípios vizinhos.

As zonas de recarga preferenciais do sistema situam-se nos afloramentos do Beberibe Superior e nas regiões onde este aquífero encontra-se sobreposto pelos arenitos da Formação Barreiras, com propriedades hidrodinâmicas semelhantes ao primeiro.

A descrição, do ponto de vista hidráulico, dos limites da região de estudo, é importante para o estabelecimento das condições de contorno do modelo, que podem ser de carga ou fluxo especificado.

MODELO MATEMÁTICO

O objetivo principal do estudo é a investigação do

comportamento potenciométrico do Beberibe Inferior. No entanto, do ponto de vista hidrodinâmico, os níveis potenciométricos neste aquífero estão intimamente relacionados com os níveis (potenciométricos) de Beberibe Superior. Em estudos anteriores (CIRILO et all (1988), MONTENEGRO et all (1991)), o Beberibe Superior foi considerado como reservatório de carga constante (em termos temporais), restringindo-se o domínio de escoamento ao Beberibe Inferior, recebendo contribuição do Beberibe Superior através de drenança do aquitarde intermediário. A expressão matemática para este fluxo, desprezando-se a armazenabilidade do aquitarde, pode ser expressa por:

$$q = k' \frac{h^s - h^i}{B} \quad (1)$$

Onde:

- q - fluxo vertical descendente
- K' - permeabilidade da camada semi-permeável
- h^s - nível de saturação ou carga hidráulica no aquífero superior
- hⁱ - carga hidráulica no aquífero inferior
- B' - espessura da camada semi-permeável

O modelo atual considera escoamentos bidimensionais nos aquíferos superpostos e fluxo vertical através do aquitarde. Essas condições de fluxo bidimensional nos aquíferos e fluxo unidimensional vertical caracterizam um modelo quase-tridimensional.

A equação diferencial parcial que governa o escoamento transiente que se processa na camada inferior do aquífero, considerando o fluxo através da camada semi-permeável, pode ser escrita como:

$$\frac{\partial}{\partial x} (Tx' \frac{\partial h^i}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (Ty' \frac{\partial h^i}{\partial y}) + (\frac{k'}{B})(h^s - h^i) = S' \frac{\partial h^i}{\partial t} \quad (2)$$

onde Tx e Ty são transmissividades nas direções x e y, respectivamente, S' é a armazenabilidade, h é o nível potenciométrico e os índices (i) e (s) referem-se aos aquíferos inferior e superior, respectivamente.

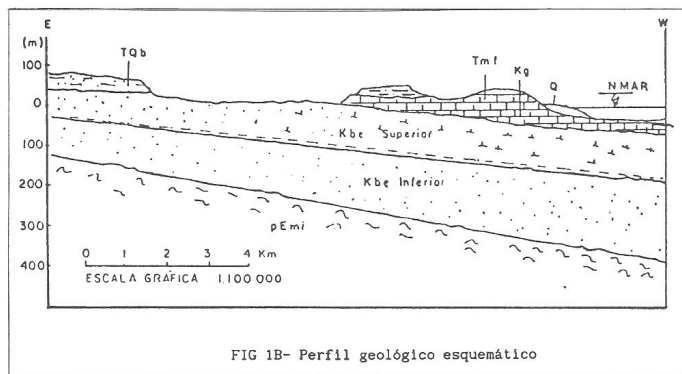


FIG 1B- Perfil geológico esquemático

O fluxo no aquífero Superior, por sua vez, é governado pela equação (3) abaixo:

$$\frac{\eta}{\eta_x} (Kx^s h^s \frac{\eta h^s}{\eta x}) + \frac{\eta}{\eta_y} (Ky^s h^s \frac{\eta h^s}{\eta y}) - \frac{K'}{B} (h^s - h^i) + R - S^s \frac{\eta h^s}{\eta t}$$

onde **R** é a recarga vertical no aquífero superior, por unidade de área, devida principalmente à parcela infiltrada da precipitação, e **S^s** é a porosidade efetiva do aquífero, de características freáticas.

MODELO NUMÉRICO

O método das Diferenças Finitas é empregado para discretizar simultaneamente as equações (2) e (3). A malha de discretização é composta por elementos retangulares em cada um dos aquíferos, interligados por retângulos através do aquífero. A aproximação do domínio contínuo por elementos discretos foi procedida de forma a representar adequadamente os contornos geométricos e hidráulicos da região (fig. 2).

A discretização temporal das equações (2) e (3) segue o esquema regressivo, de grande estabilidade numérica, e escrito como:

$$\left(\frac{\eta h}{\eta t}\right)_t \approx \frac{h^t - h^{t-1}}{\Delta t} \quad (4)$$

sendo Δt o passo de tempo adotado, t o instante atual e $t-1$ o instante anterior.

As equações discretizadas são aplicadas às condições de contorno e iniciais do sistema.

SIMULAÇÕES

No contorno coincidente com o Oceano Atlântico e no contorno Norte (município de Goiana-PE) atribui-se condição de carga constante e especificada, enquanto que nos contornos Leste e Sul são adotadas condições de fluxo nulo.

Dispõe-se de dados potenciométricos dos aquíferos Superior e Inferior nos anos de 1978, 1985 e 1987, bem como valores anuais das extrações nos poços perfurados no Beberibe Inferior e operados pela COMPESA, nos períodos de 1978 a 1984 e 1987 a 1991, e valores mensais no período 1985-1986.

Os valores de transmissividade e armazenabilidade do Beberibe Inferior foram obtidos a partir de testes de bombeamento e ajustados por calibrações realizadas em estudos anteriores utilizando modelo bidimensional (CIRILO et al, 1988).

As características hidrodinâmicas do aquífero superior são resultado de testes de campo e calibrações com modelo quase-tridimensional. No tocante às características do aquífero, também são advindas de calibrações quase tridimensionais.

A recarga no aquífero Superior é avaliada através de dados de precipitação mensal no posto pluviométrico da cidade de Igarassu (PE) e de mapa de contorno geológico do

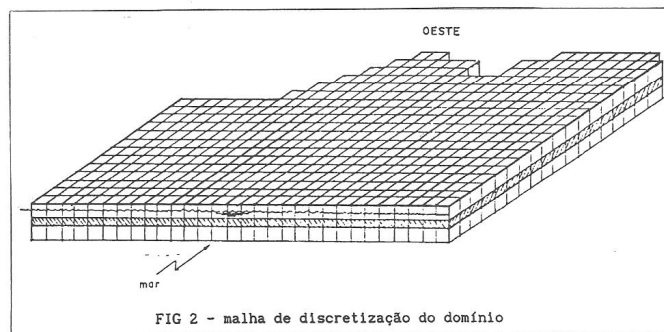


FIG 2 - malha de discretização do domínio

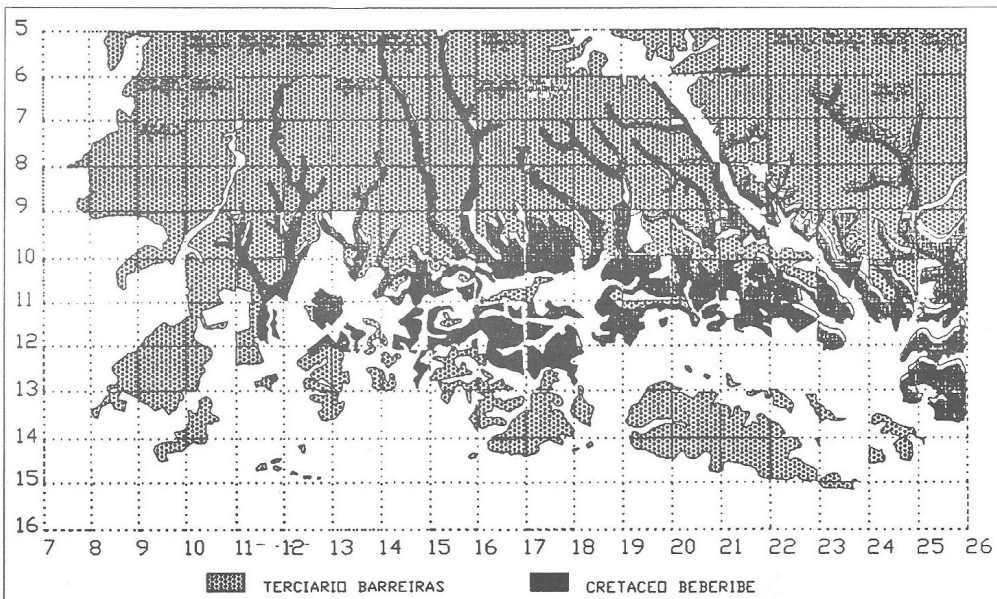


FIG 3 - Mapa geológico no domínio em estudo.

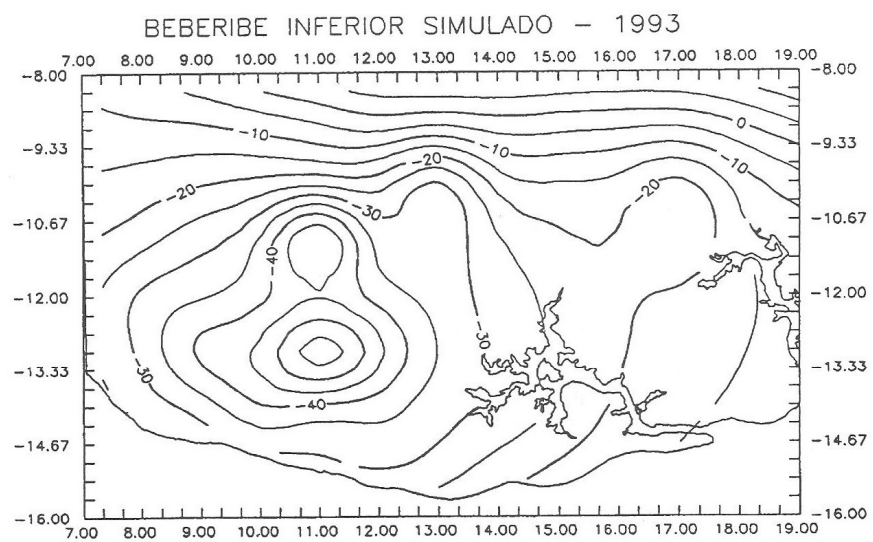


FIG 4- Potenciometria do Beberibe Inferior, em 1993

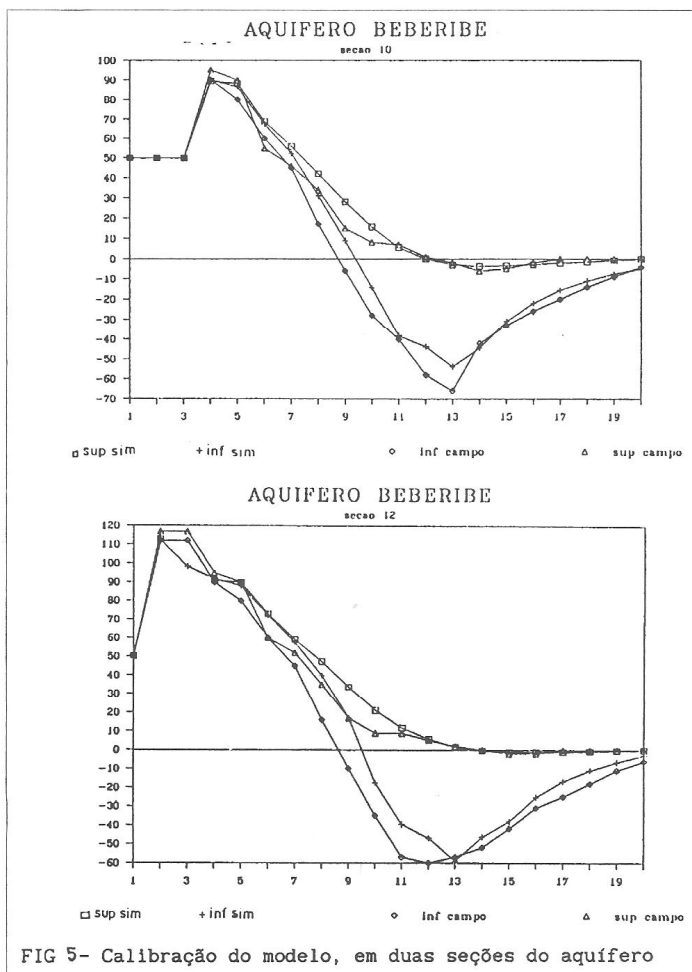


FIG 5- Calibração do modelo, em duas seções do aquífero

afloramento do Beberibe Superior e das porções do Grupo Barreiras, cujas áreas foram digitalizadas computacionalmente (fig 3). As taxas de infiltração nessas regiões foi atribuído percentual de 5%. Os elementos utilizados são quadrados com 2Km de lado e o passo de tempo Δt adotado é de 1 dia.

As calibrações foram realizadas simulando-se o período 1978 a 1985, ajustando-se basicamente a condutividade hidráulica do aquífero e do Beberibe Superior de modo a produzir concordância entre as potências de campo e simuladas (ver figura 5).

As calibrações realizadas foram verificadas no período 1985-1987, com vazões de exploração mensais, conforme apresentado na figura 6.

Após verificado, o modelo quase-tridimensional, calibrado para o sistema Beberibe, foi utilizado na previsão do comportamento futuro do aquífero, assumindo-se a hipótese de manutenção dos níveis de exploração do ano de 1991 para o ano de 1992 (fig 4).

CONCLUSÕES

O modelo calibrado reproduz satisfatoriamente os potências de 1987, com condutividades de Beberibe Superior levemente superiores às obtidas em campo e condutividades do aquífero dez vezes superiores às resultantes de calibração com modelo bidimensional.

O sistema evidencia um certo equilíbrio hidrodinâmico para explorações similares às do ano de 1991. Entretanto, deve-se ressaltar que tal equilíbrio no Beberibe Inferior só é atingido graças às drenagens a partir do Beberibe Superior, com águas de elevada dureza e teor de salino. Tais fluxos verticais poderão comprometer, em futuro próximo, a qualidade das águas do Beberibe Inferior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CEFERINO, A., CRUZ, W. B. e PEIXOTO, C.A. (1980). Modelo Matemático do Aquífero Beberibe. 1º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Recife (PE).
- (2) CIRILO, J. A. et al (1988). Utilização de Modelos Matemáticos para acompanhamento da Exploração de Aquíferos Confinados e Semi-confinados. VII

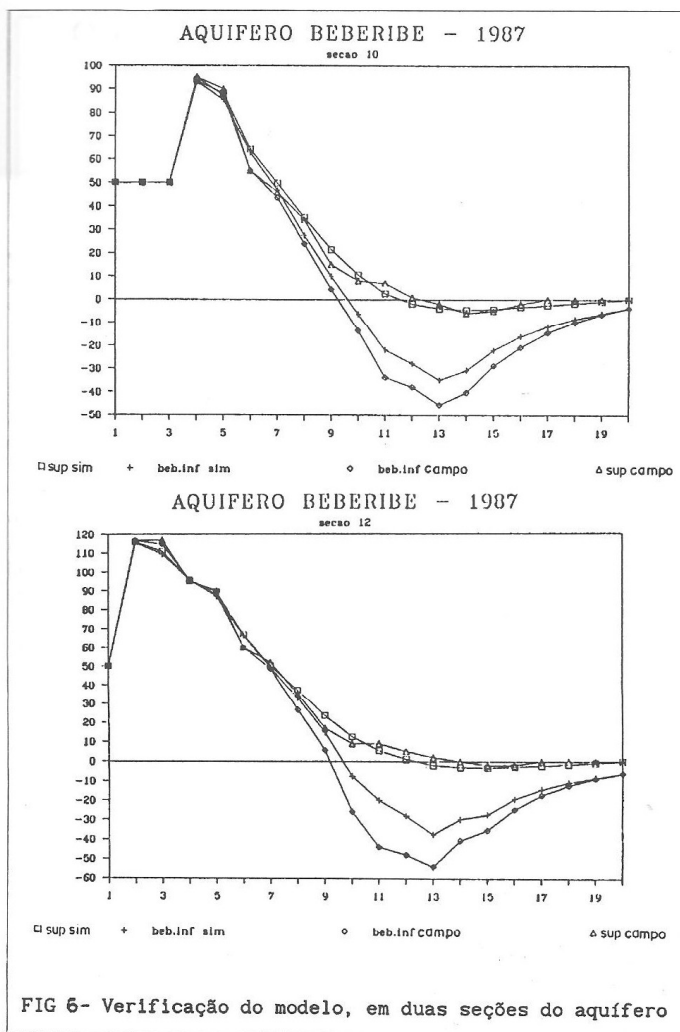


FIG 6- Verificação do modelo, em duas seções do aquífero

Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Salvador (BA).

- (3) MONTENEGRO, A. A. A. (1990). Modelação Matemática do Manancial Subterrâneo de Ribeirão Preto - SP. Dissertação de Mestrado, EESC - USP.
- (4) MONTENEGRO, A. A. A. et all (1991). Utilização de Modelos Matemáticos na Análise do Comportamento do Sistema Aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife. XIV Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife (PE).