

PROJETO POLDER HIDROAGRÍCOLA DE LADÁRIO: UM EXEMPLO
DE APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA AVALIAÇÃO
DE VIABILIDADE

Nº 37

G.A.L.Alexandre* e R.W.Cleary**

* Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, Universidade de São Paulo, Rua Lucio Martins Rodrigues, Travessa, 5 Bloco 22, Caixa Postal 20.899, CEP 01498-SP

** Departamento de Geologia Econômica, Universidade de São Paulo, Rua Lucio Martins Rodrigues, Travessa 5 Bloco 21, Caixa Postal 20.899, CEP 01498-SP

RESUMO

Na planície de inundação do Rio Paraguai, próximo à Lagoa Negra, no município de Ladário (MS), numa área que permanece alagada em períodos de enchentes no Pantanal, pretende-se com a construção de um dique (polder) e através de bombeamento, torná-la aproveitável para a agricultura e pecuária. Nesse trecho da planície, foi aplicado um modelo matemático acoplado a um pacote de gráficos, que simulou as situações da distribuição das cargas hidráulicas nas condições naturais, sem a presença do polder, e com o polder e bombeamento. Os mapas resultantes permitem, embora grosso modo em virtude da inexistência de dados hidrogeológicos, visualizar as cargas hidráulicas e o sentido do fluxo de água subterrânea na planície de inundação, antes da construção do dique e avaliar os efeitos do bombeamento nos corpos de água locais, onde ocorrerá esvaziamento total de algumas lagoas e redução do nível da maior delas, a Lagoa Negra.

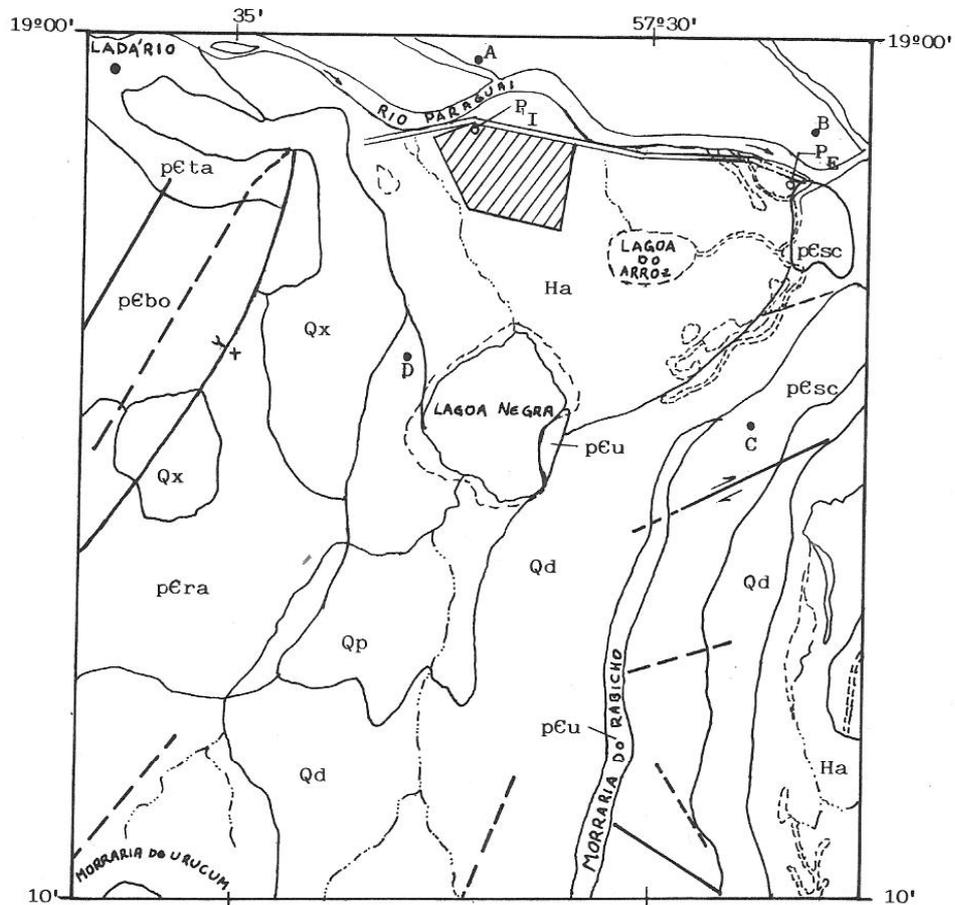
PALAVRAS-CHAVE

Modelos Matemáticos; Cargas Hidráulicas; Dique; Pantanal; Lagoa Negra.

INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do Programa para o Desenvolvimento do Pantanal-PRODEPAN, em atividade nos anos de 1974 a 1978, foi o de tornar aproveitável para a agricultura e pecuária uma parte da planície de inundação do Rio Paraguai, na área vizinha à Lagoa Negra, no município de Ladário (MS). O projeto previu a utilização inicial de uma área de 500 hectares e com esse objetivo iniciou-se a construção de um dique cuja extensão atingiria 10 km. Esse dique teria a função de proteger a área das enchentes do Rio Paraguai e servir como estrada. Através de bombeamento seria retirada a água dessa várzea e à montante seria realizada a irrigação necessária. Em 1979 com a falta de recursos financeiros o projeto foi paralizado, restando 1,2 km para a conclusão do dique.

Como exemplo de aplicação de modelos matemáticos apresentado ao curso de pós-graduação do IG-USP, simulamos o comportamento da distribuição das cargas hidráulicas nessa região sob duas situações: numa condição natural, sem a



Fonte: Brasil (1974,1982,1983).

0 1 2 3 4 5 km

Ha	Aluviões Atuais		Contato Litológico
Qp	Formação Pantanal		Falha de Deslocamento
Qx	Formação Xaraiés		Falha Normal
Qd	Depósitos Detríticos		Falha Indiscriminada
pÉta	Formação Tamengo		Falha Inferida
pÉbo	Formação Bocaina		Rio
pÉsc	Formação Santa Cruz		Rio Seco ou de Aluvião
pÉu	Formação Urucum		Lagoa e Rio Intermitentes
pÉra	Complexo Rio Apa		Polder
			Área do Projeto Piloto

FIGURA 1: MAPA GEOLÓGICO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

existência do dique, e com a presença do dique, em períodos de seca e de cheia, para fins de comparação. Em vista da inexistência de dados hidrogeológicos da região, a importância da obra e as conseqüências ambientais, apresentamos sugestões para o desenvolvimento dos estudos necessários à realização do projeto uma vez que se pretende reiniciar as obras paralizadas.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A área modelada situa-se no município de Ladário, Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), no Pantanal Matogrossense. É uma região de baixa declividade, em cotas em torno de 85 metros acima do nível do mar, sujeitas a inundações anuais em ciclos de cheias do Rio Paraguai.

Está inserida uma micro-bacia de aproximadamente 300 km², limitada ao Norte pelo Rio Paraguai, a Oeste por elevações calcárias, ao Leste pelo Morro do Rabicho e ao Sul pela Morraria do Urucum, cuja altitude ultrapassa os 1.000 metros.

1) GEOLOGIA. As unidades representadas na bacia hidrográfica da Lagoa Negra (Figura 1) são (Brasil, 1982):

PĒra: Complexo Rio Apa, na área representado por granitos e granodioritos;

PĒu: Formação Urucum, apresentando conglomerados de matriz arcoseana, arcóseos com cimento calcífero e/ou ferruginoso, grauvacas, paraconglomerados e siltitos;

PĒsc: Formação Santa Cruz, com jaspelitos ferruginosos e manganésíferos;

PĒbo: Formação Bocaina, com calcários dolomíticos e dolomitos, calcarenitos dolomíticos;

PĒta: Formação Tamengo, com calcários calcíferos, folhelhos, siltitos, arenitos;

Qd: depósitos detríticos, apresentando sedimentos conglomeráticos e arenos-siltosos, parcial ou totalmente laterizados, lateritos ferruginosos. Estes sedimentos constituem, na Morraria do Urucum, os depósitos de minério de ferro;

Qx: Formação Xaraíes, com tufo calcários, travertinos e conglomerados;

Qp: Formação Pantanal, constituída por sedimentos arenosos, siltico-argilosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos, semi-consolidados ou inconsolidados e,

Ha: Aluviões Atuais, com areias, siltes, argilas e cascalhos.

2) CLIMA E VEGETAÇÃO. O período de maior intensidade pluviométrica na região vai de novembro a março, com precipitações anuais variando de 800 a 1.200 mm. Esse período coincide, na região, com o período em que o Rio Paraguai apresenta menores níveis. Nos meses mais sêcos, com precipitações quase ausentes, esse rio está com seus níveis mais altos, às vezes transbordando sobre a planície em grandes extensões.

A vegetação presente nessa área é pouco desenvolvida, com árvores de porte médio, variando de campos, limpos e "sujos", ou seja, com arbustos, a mata pouco desenvolvida.

3) SOLOS. A área piloto, onde foram efetuadas as simulações, é constituída por solos hidromórficos, rasos, de fertilidade média, sendo que mais de 85% apresenta limitações quanto à aptidão para a agricultura (Brasil, 1975).

APLICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO BIDIMENSIONAL

O modelo escolhido foi o de Kinzelbach (1986), modificado por Nilson Giger e Robert W. Cleary (Cleary et al, 1990). Este modelo de fluxo é bidimensional e foi aplicado sob condições estacionárias.

1) DADOS DE CAMPO. Em vista do objetivo do trabalho e a inexistência de dados que caracterizem os aquíferos presentes na micro-bacia, incluindo-se o ante-projeto e o projeto do dique, foram realizados levantamentos de campo para medidas de carga hidráulica, em poços rasos, e ensaios de infiltração para se determinar a ordem de grandeza da condutividade hidráulica do dique, em torno de 10⁻⁶ m/s.

2) PARÂMETROS ADMITIDOS.

- . Na área do projeto piloto, o aquífero é isotrópico e freático;
- . Dique como sendo uma lente de permeabilidade igual a 10⁻⁶ m/s;
- . Condutividade da planície de inundação, em virtude da constituição granulométrica, como sendo 10⁻⁴ m/s;
- . A carga hidráulica da planície como sendo 84,5 metros;
- . O limite Norte da área (Rio Paraguai) com carga hidráulica constante, igual a 83,5 m em períodos de seca e 88,5 m em períodos de enchentes;
- . No canto SE da área um potencial maior, pela presença de elevações da Morraria do Rabicho, com 98 m.
- . As lagoas são rasas; aquelas incluídas na área simulada, assumimos o valor de 0,5 metro para a profundidade nos períodos de seca, com superfície na cota de 84 metros acima do nível do mar.

O programa foi aplicado na área representada na Figura 1 pelo retângulo ABCD, que inclui a área do projeto piloto. Para a extração admitimos a vazão de 0,1 m³/s, situada no ponto PE e para a irrigação, no ponto PI, assumimos o valor de 0,01 m³/s.

3) MODELO MATEMÁTICO. O programa utilizado é baseado na equação de fluxo bidimensional, acoplado ao pacote de gráficos Golden Software.

A equação diferencial parcial que descreve o fluxo bi-dimensional num aquífero isotrópico e homogêneo, sob condições estacionárias, é:

$$T \frac{\partial^2 H}{\partial X^2} + T \frac{\partial^2 H}{\partial Y^2} + \sum_{i=1}^N Q_i \delta(X-X_i) \delta(Y-Y_i) = 0$$

Onde: H = carga hidráulica (L);
T = transmissividade (L/T);
Q = taxa de extração ou injeção do poço "i" (L/T);
X, Y = coordenadas do poço "i" (L);
N = número de poços de injeção/extração;

As condições de contorno foram de primeiro (Dirichlet) e segundo (Neumann) tipos, onde as cargas hidráulicas foram especificadas ou o gradiente foi tido como zero.

O rio foi simulado com a condição de que o gradiente é zero (longe de centros de bombeamento e extração, a carga hidráulica inicial não muda).

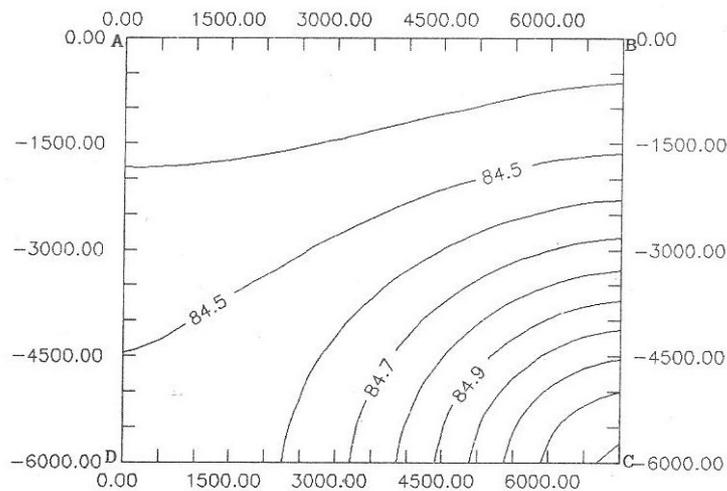


FIGURA 2: LAGOA NEGRA SEM O DIQUE:
DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS HIDRÁULICAS

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa potenciométrico obtido pela aplicação do modelo matemático, simulando condições naturais que para a bacia hidrográfica, indica uma direção geral de fluxo da água subterrânea no sentido SE-NW (Figura 2), o que se comprova no campo pela orientação dos córregos intermitentes que, no período de vazante, conectam as lagoas do Arroz e Negra com o Rio Paraguai (Figura 1).

A simulação das condições da área com a presença do dique mostram a alteração do fluxo, bem como o esvaziamento das Lagoas do Arroz, total, e Negra, parcial (Figura 3).

Considerando que o rio tem seus níveis elevados em aproximadamente 5 metros durante o período das cheias, e assim permanece por semanas, simulamos as situações de período de seca e de período de enchente, em presença do dique, não se observando alterações significativas entre as duas distribuições de cargas hidráulicas. As diferenças são mínimas e não visíveis na escala utilizada nos mapas.

CONCLUSÕES

O efeito de um bombeamento intensivo, para rebaixar o nível estático do aquífero freático presente na área da Lagoa Negra, em Ladário (MS), terá como consequência o rebaixamento dessa lagoa e o desaparecimento da Lagoa do Arroz em virtude da baixa profundidade das mesmas.

Não se observa, grosso modo, influência da elevação dos níveis do rio, sobre a distribuição das cargas hidráulicas, quando em presença do dique e com bombeamento.

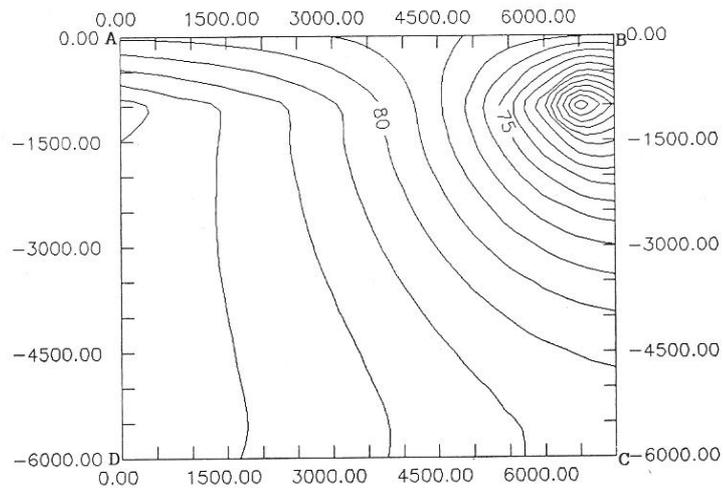


FIGURA 3: REGIÃO DA LAGOA NEGRA COM DIQUE:
DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS HIDRÁULICAS

Em virtude da inexistência de dados que caracterizam, com precisão esse aquífero, os resultados são apresentados como uma visão geral das condições da água subterrânea na área do projeto piloto. O conhecimento das características hidrogeológicas permitirá a aplicação deste modelo matemático com maior detalhamento e auxiliará dimensionar a exploração dos recursos dessa região.

O intenso levantamento das condições hidráulicas do aquífero, estendendo-se às bordas da bacia, e a caracterização do corpo de calcário localizado no limite Oeste da várzea em contato com o Rio Paraguai, são os passos recomendados para serem seguidos antes da conclusão da obra.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Serviço Geográfico do Exército (1974). Folha SE.21-Y-D-III.
- Departamento Nacional de Obras e Saneamento (1975). Projeto Proteção e Aproveitamento Hidro-Agrícola de Área da Várzea do Alto Paraguai-Município de Ladário-MT- Estudos Hidrológicos.
- Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL (1982). Levantamento de Recursos Naturais: Volume 27, Folha SE.21-Corumbá e Parte da Folha SE.20.
- Superintendência Para o Desenvolvimento do Centro-Oeste (1983). Ante- Projeto Polder Hidroagrícola de Corumbá-Ladário.
- Cleary, R.W.; Pinder, G.F.; Unga, M.J. (1990). Applications of IBM-PC Computers in Groundwater Pollution and Hydrology. Professional Short Course, National Water Well Association, Dublin, OH.
- Kinzelbach, W. (1986). Groundwater Modeling: An Introduction With Sample Programs in BASIC. Amsterdam, Elsevier, pp.333.