

# ANÁLISE DOS COMPONENTES DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE NATAL-RN\*

José Geraldo de Melo<sup>1</sup>  
Aldo da Cunha Rebouças<sup>2</sup>  
Marcelo Augusto Queiroz<sup>3</sup>

## RESUMO

A área da cidade de Natal-RN, compreendida entre os rios Potengi, Pitimbu e o mar, é coberta de sedimentos quaternários dunares que se sobrepõem a sedimentos terciário-quaternários do Grupo Barreiras. Estas unidades do ponto de vista hidrogeológico formam um sistema hidráulico único, complexo e indiferenciado, denominado de sistema aquífero Dunas/Barreiras. As dunas exercem a função de uma unidade de transferência das águas de infiltração em direção aos níveis inferiores arenosos do Barreiras. O modelo conceitual apresentado representa um passo importante no conhecimento da origem e mecanismos de contaminação das águas subterrâneas.

## INTRODUÇÃO

A área de estudo abrange a maior parte da cidade de Natal/RN e cobre uma superfície de cerca de 90 km<sup>2</sup>.

Neste artigo é apresentado o modelo hidrogeológico conceitual da área, como fundamento básico na caracterização da origem e mecanismos de contaminação das águas subterrâneas. Faz parte de um projeto que está sendo desenvolvido através de um convênio firmado entre o Departamento de Geologia da UFRN e a Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN), visando a proteção do manancial subterrâneo.

O suprimento hídrico da cidade de Natal dentro da área estudada, é feito principalmente pelas águas subterrâneas que contribuem com 47,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, o equivalente a 73% do total de recursos destinados à população. O restante, 27%, são águas provenientes da Lagoa de Jiqui, situada fora da área objeto deste trabalho. As águas em suas condições naturais são de excelente qualidade físico-química.

Diante do escopo principal deste trabalho, no sentido de conhecer o funcionamento hidráulico dos sistemas aquíferos, foram desenvolvidas em campo as seguintes atividades básicas: cadastramento de 323 pontos d'água, incluindo poços tubulares, cacimbões, fontes e lagoas (dezembro de 1992 a fevereiro de 1993); execução de sondagens e instalação de 4 piezômetros; ensaios de infiltração no meios poroso insaturado, em 4 sondagens, e monitoramento do nível d'água de poços e piezômetros.

\* Trabalho desenvolvido com o apoio da Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN).

1. Professor do Departamento de Geologia da UFRN, Natal.
2. Professor do Instituto de Geociências da USP, São Paulo.
3. Geólogo da CAERN/Natal.

## FATORES FÍSICOS CONDICIONANTES

A área de estudo situa-se em uma região úmida com precipitação pluviométrica em média de 1600mm anuais. Está compreendida entre os rios Potengi, Pilimbu e o mar (Fig. 1).

Geomorfologicamente, é caracterizada por elevações dunares com a formação de bacias fechadas que dificultam a drenagem superficial, e, depressões circulares que propiciam a formação de lagoas. A rede de drenagem é muito pouca desenvolvida, com reduzido escoamento e elevadas taxas de infiltração em suas condições naturais.

Do ponto de vista geológico, é formada de sedimentos terciário-quaternários do Grupo Barreiras e quaternários representados por dunas e aluviões, além de sedimentos praias e mangues. Os sedimentos "Barreiras" afloram em estreita faixa na periferia da área e ocorrem em sub-superfície repousando sobre arenitos calcíferos, diagênese forte, idade cretácea(?). A parte inferior do Barreiras é formada de arenitos com intercalações argilosas e a superior, mais heterogênea e com grande variação lateral de fácies, é constituída de argilas arenosas, arenitos argilosos, siltitos e arenitos. As dunas cobrem a maior parte da área e repousa sobre o substrato detrítico do Barreiras. São identificados dois sistemas principais: as dunas mais antigas, formadas de areia com percentual argiloso e as mais recentes, constituídas de areias mais puras.

## O MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

### Componentes do sistema hidrogeológico

Os estratos geológicos que formam o sistema hídrico subterrâneo da área de Natal são as formações dunares, os sedimentos superiores e inferiores do Grupo Barreiras. Convém citar ainda como fazendo parte do sistema, os poços de captação d'água, as fontes, as lagoas e os cursos d'água superficiais.

### Parâmetros hidráulicos

No período seco as dunas permanecem insaturadas em quase toda a área e na época úmida, o nível das águas subterrâneas penetra nos estratos dunares, porém, em zonas restritas de relevo mais baixo.

Os resultados dos ensaios de infiltração executados acima do nível d'água de acordo com ABGE, 1990, conduziram a valores de condutividade hidráulica variando de  $1,5 \times 10^{-4}$  a  $2,8 \times 10^{-4}$  m/s, com média de  $2,2 \times 10^{-4}$  m/s. Em estudos anteriores, este parâmetro foi avaliado com base em resultados de ensaios de bombeamento no meio poroso saturado. Foi obtido em torno da Lagoa do Preá um valor de  $2,0 \times 10^{-4}$  m/s (ACQUA-PLAN, 1978) e no Centro Administrativo,  $3,1 \times 10^{-4}$  m/s (ACQUA-PLAN, 1988). Esses resultados confirmam o caráter de homogeneidade das dunas. A porosidade específica dos estratos inferiores das dunas é da ordem de 10% (ACQUA-PLAN, 1978).

Os estratos arenosos inferiores do Grupo Barreiras constituem o denominado aquífero Barreiras. Este, limita-se no topo

pelos sedimentos heterogêneos da parte superior do Barreiras, que tem sido caracterizados nos trabalhos anteriores como uma camada semi-confinante.

Os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Barreiras são apresentados com base nos resultados da análise dos Relatórios Técnicos das Captações (CAERN, 1977 a 1994) que compõem o Sistema Público de Abastecimento d'água e nos trabalhos desenvolvidos pela ACQUA-PLAN, 1988 e PLANAT, 1983. A espessura saturada do aquífero varia de 36,0 a 54,0m; condutividade hidráulica de  $6,7 \times 10^{-5}$  a  $3,7 \times 10^{-4}$  m/s; transmissividade, de  $2,4 \times 10^{-2}$  a  $1,8 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s e o coeficiente de armazenamento de  $1,4 \times 10^{-4}$  a  $1,6 \times 10^{-3}$ . Este último resultado, sugere que em alguns casos o aquífero comporta-se como livre. A espessura saturada da camada semi-confinante é de 23,0m e a condutividade hidráulica vertical de  $1,6 \times 10^{-6}$  m/s, o que resulta uma transmissividade de  $3,7 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s (ACQUA-PLAN, 1988).

### Relação de Potencial Hidráulico

A análise das variações das cargas hidráulicas nos poços, bem como o caráter lito-estrutural dos estratos sedimentares, sugerem que as formações dunares e os sedimentos Barreiras formam no conjunto um sistema hidráulico único, complexo e indiferenciado, designado de sistema aquífero Dunas/Barreiras. Este, em geral, comporta-se como livre, entretanto, localmente pode apresentar semi-confinamentos. As dunas exercem a função de uma unidade de transferência das águas de infiltração em direção aos estratos arenosos do Barreiras. Estas conclusões são evidenciadas na Fig. 1 e Fig. 2, nas quais pode ser observado que as cargas hidráulicas dos poços rasos e profundos se ajustam a uma mesma superfície potenciométrica. De acordo com os dados do monitoramento dos níveis potenciométricos realizado no período de 10/1973 a 07/1994, o comportamento das variações dos níveis d'água nos poços com a ocorrência das chuvas é característica de sistemas livres (inconfinaados), ver Fig. 3.

As lagoas, em condições naturais, são de regime intermitente e a ocorrência de água está condicionada a elevação do nível das águas subterrâneas. Algumas dessas lagoas, entretanto, recebem águas pluviais e esgotos clandestinos, estando com o fundo impermeabilizados, razão pela qual estão sempre com água, porém, sem comunicação direta com as águas subterrâneas (Fig. 2)

As lagoas do setor Jiqui-Pirangi e Lagoinha, em geral, mantêm a perenidade de suas águas, com excessão dos anos de forte estiagem. Isto ocorre devido a estrutura hidrogeológica local que propicia a formação de aquíferos suspensos que dificultam a drenagem das águas das lagoas para os níveis aquíferos inferiores (Fig. 4). As lagoas constituem, portanto, fontes de recarga para o sistema aquífero Dunas/Barreiras.

### Fluxo Subterrâneo

A configuração das equipotenciais (Fig. 1) indica a existência de uma zona elevada da superfície das águas subterrâneas com fluxo divergente, no setor SW da área, que corresponde à zona



principal de recarga do sistema aquífero por infiltração das águas de chuva. As águas seguem o seu curso nos estratos sedimentares com fluxo em direção ao mar, em direção ao rio Potengi e em direção ao rio Pitimbu, caracterizando desta feita condições de efluência destes com relação ao sistema aquífero. Os gradientes hidráulicos na parte oeste da área são mais elevados (1,2%) refletindo sobretudo a baixa condutividade hidráulica dos sedimentos naquele setor. A descarga total do fluxo subterrâneo natural, obtido a partir da lei de Darcy, é de  $70 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

O mapa potenciométrico mostra outras feições importantes da superfície das águas subterrâneas. No setor Sul da área há um grande afastamento entre as equipotenciais, e, por conseguinte, uma forte redução dos gradientes hidráulicos que mudam de 0,4 para 0,08%. Isto ocorre devido a existência de aquíferos suspensos e lagoas, condicionadas pela estrutura hidrogeológica local, criando desta feita zonas importantes de alimentação do fluxo regional.

#### AVALIAÇÃO POTENCIAL DO SISTEMA AQUÍFERO DUNAS/BARREIRAS

As potencialidades do sistema aquífero Dunas barreiras (Fig. 5), estão condicionadas à infiltração direta das águas de chuva, cujo volume efetivamente infiltrado restitui as reservas de águas subterrâneas que se perdem nos escoamentos naturais e exploração por poços e, também, alimenta o fluxo subterrâneo.

Em condições de equilíbrio, sem considerar a exploração das águas subterrâneas, a infiltração eficaz é equivalente à vazão do fluxo subterrâneo natural. Nestas condições o volume d'água que se infiltra anualmente no aquífero é de cerca de  $70 \times 10^6 \text{ m}^3$ , correspondendo a 48% do volume precipitado sobre a superfície do solo que é de  $144 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ . As reservas explotáveis, para efeito de segurança serão tomadas como equivalentes a vazão do fluxo subterrâneo (ou a infiltração eficaz) ou seja, são também da ordem de  $70 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Considerando o volume captado por poços de  $52 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , conclui-se que nas condições atuais há ainda uma disponibilidade média anual de água de  $18 \times 10^6 \text{ m}^3$ , permanecendo as reservas permanentes ( $330 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) intocáveis.

#### IMPORTÂNCIA DO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

Apesar da importância atribuída às águas subterrâneas de Natal, que além de grande alcance sócio-econômico é uma reserva estratégica, as mesmas estão sujeitas à degradação devido a ações impactantes sobre a superfície do solo, tais como a utilização de sistemas com disposição local de efluentes domésticos e uma ocupação irregular e desordenada do terreno.

O problema maior atualmente está relacionado com a qualidade das águas. O IPT, 1982, já mostrava zonas no domínio urbano, cujas águas dos poços estavam afetadas por teores de nitrato elevado, como também presença de metais pesados em concentrações anômalas. A ACQUA-PLAN, 1988, apresentou um quadro mais preocupante - um número bem maior de poços estavam contaminados, inclusive unidades do Sistema Público de Abastecimento. Nos dois casos, as contaminações foram

consideradas de caráter pontual e atribuídas às características construtivas dos poços, os quais não dispunham de proteção sanitária adequada. Nestas condições, as águas contaminadas do aquífero "freático" seriam conduzidas para os poços (penetrando o aquífero "semi-confinado") através da coluna do pré-filtro.

O projeto que está sendo desenvolvido visando a proteção do manancial subterrâneo de Natal e do qual faz parte este artigo, entre outros objetivos, pretende avaliar o problema das contaminações, notadamente no que diz respeito a sua origem e mecanismos.

O modelo hidrogeológico conceitual apresentado já mostra que as contaminações ocorrem fundamentalmente, devido a própria vulnerabilidade natural do sistema e intensidade das cargas contaminantes, não se atribuindo o fato, tão somente a construção inadequada dos poços. Isto é de grande importância prática, já que fica evidenciado que as contaminações não são de caráter pontual, atingindo desta feita áreas extensas.

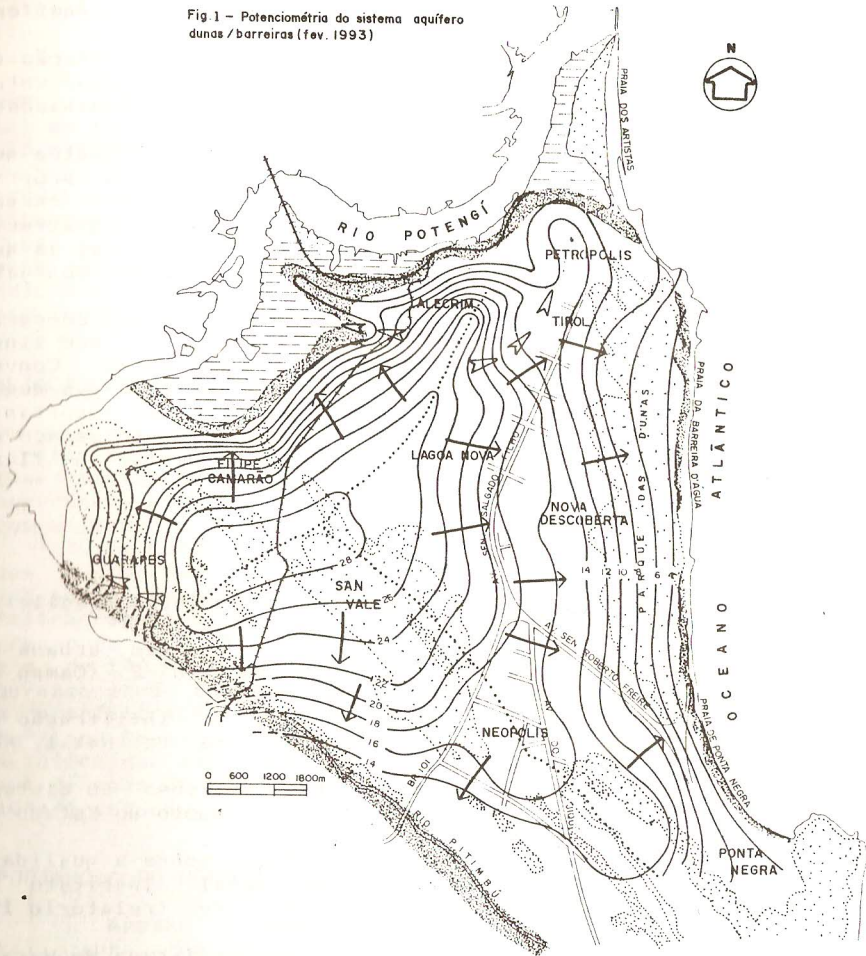
A situação atual das águas subterrâneas, no que concerne aos aspectos quantitativos, é bastante confortável, já que ainda existe um excedente de água disponível para utilização. Convém ressaltar, entretanto, a necessidade de preservação da área das dunas no setor sul, em especial o San Vale, que constitui uma importante área de recarga do manancial subterrâneo. A ocupação deste espaço em proporções elevadas poderá reduzir a recarga e afetar o fluxo subterrâneo em caráter danoso para o sistema aquífero.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABGE, 1990. Ensaio de Permeabilidade em Solos. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, SP.
- ACQUA-PLAN, 1978. Recarga artificial aplicada a drenagem urbana de Natal; Elementos para o projeto piloto da Bacia SI-2 (Campo do Preá). Estudos, Projetos e Consultoria, Recife, Pe.
- ACQUA-PLAN, 1988. Avaliação das possibilidades de infiltração de efluentes domésticos no aquífero dunas na área de Natal, RN. Estudo, Projetos e Consultoria; Recife, Pe.
- CAERN, 1977-1994. Relatórios Técnicos das Captações do Sistema público de Abastecimento. Companhia de Águas e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- IPT, 1982. Reconhecimento hidrogeológico e estudo sobre a qualidade atual das águas subterrâneas da Grande natal. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 2v. (relatório IPT nº 14.813).
- PLANAT, 1983. Estudo hidrogeológico da região metropolitana de Natal. Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte, CAERN, Relatório Final, Natal, RN.

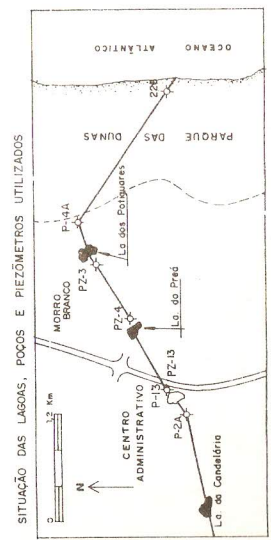
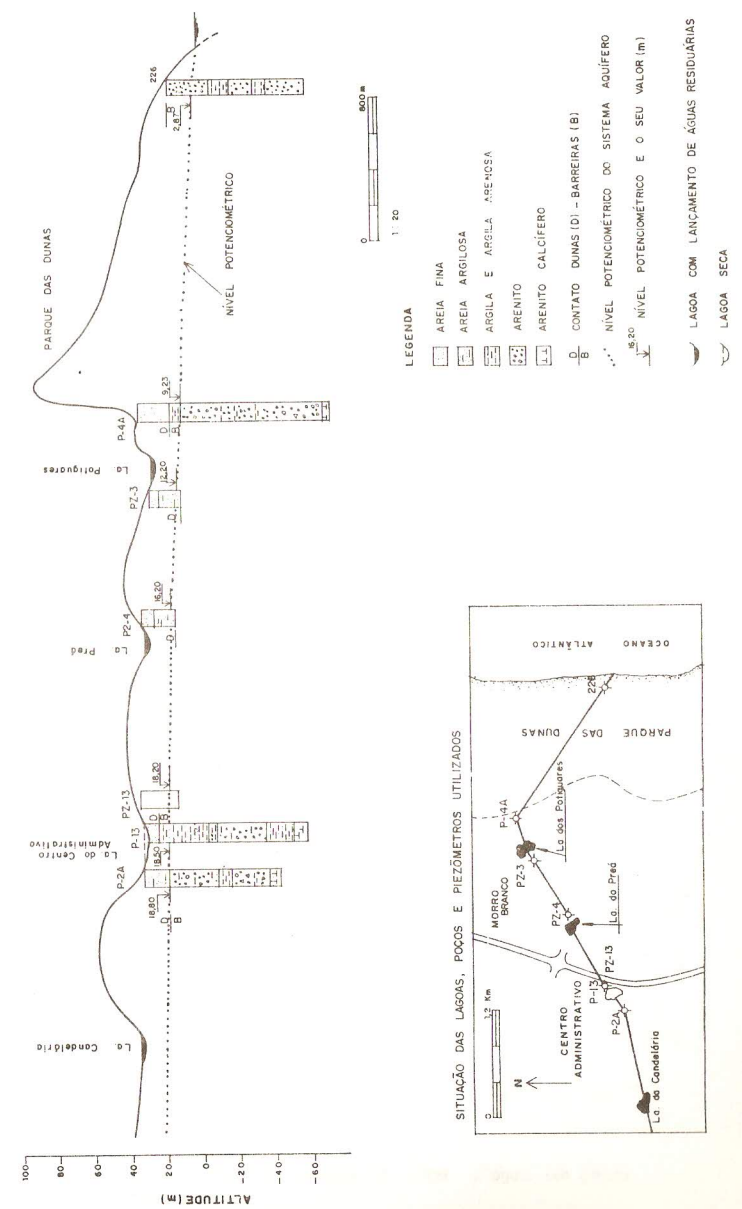


Fig.1 - Potenciometria do sistema aquifero dunas/barreiras (fev. 1993)



- LEGENDA**
- | GEOLOGIA |                                    | HIDROGEOLOGIA |                              |
|----------|------------------------------------|---------------|------------------------------|
|          | ALUVIÕES E MANGUES                 |               | POTENCIOMETRIA               |
|          | DUNAS MAIS RECENTES E ATUAIS       |               | LINHA DE FLUXO SUBTERRÂNEO   |
|          | DUNAS MAIS ANTIGAS E RETRABALHADAS |               | EIXO DE DRENAGEM             |
|          | SEDIMENTOS BARREIRAS               |               | DIVISOR DE ÁGUAS SUBTERRÂNEO |

Fig.2 - Seção hidrogeológica



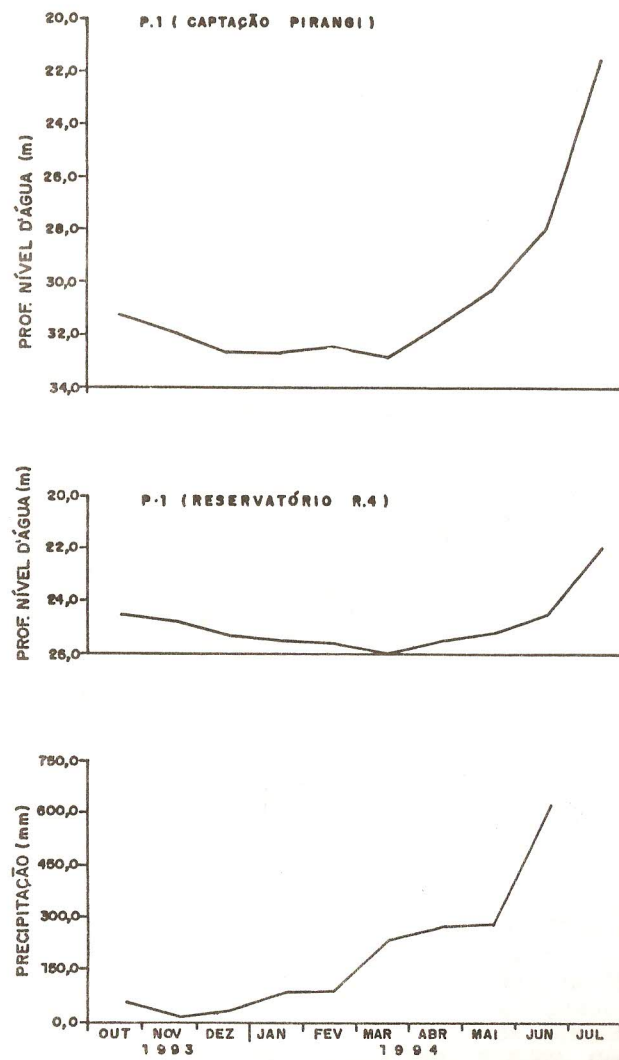
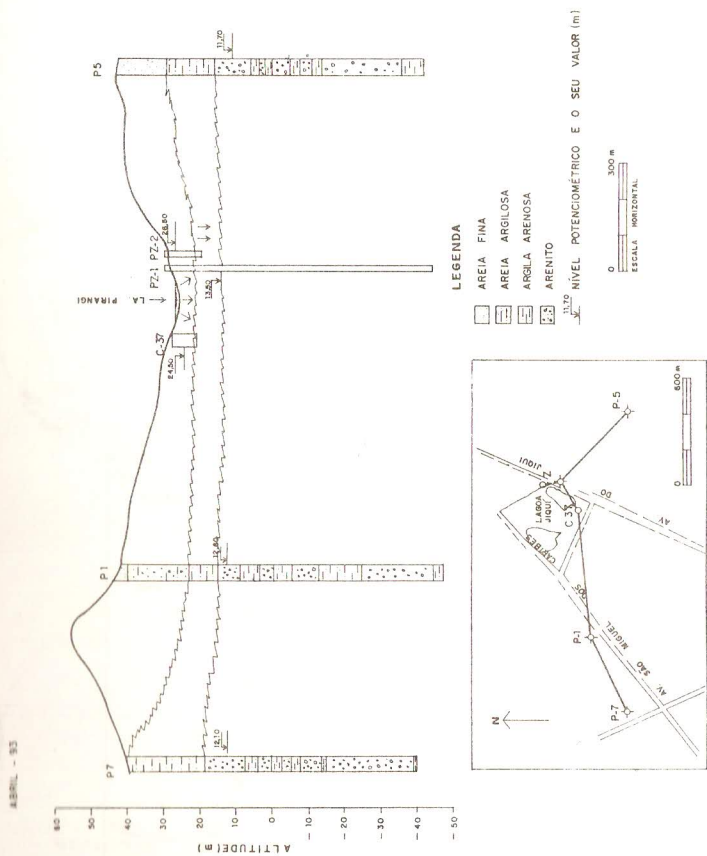
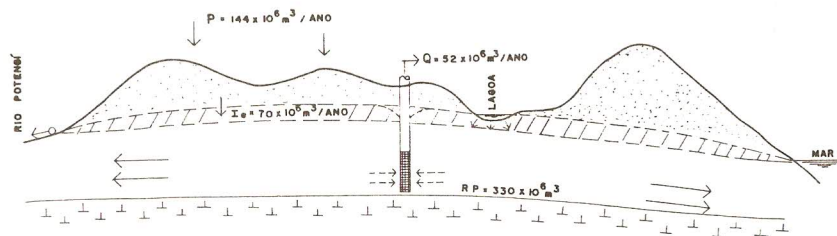


Fig. 4 - Variação sazonal do nível d'água em poços tubulares

Fig. 5 - Representação esquemática do funcionamento hidráulico do sistema aquífero dunas/barreiras



- P PRECIPITAÇÃO  
 I<sub>e</sub> INFILTRAÇÃO EFICAZ  
 R P RESERVA PERMANENTE  
 Q VAZÃO EXPLORAÇÃO (POÇOS)  
 - - - -> FLUXO EM DIREÇÃO AO POÇO  
 - - - -> FLUXO NATURAL  
 ▨ FAIXA COMPREENDIDA ENTRE O NÍVEL POTENCIOMÉTRICO MÁXIMO E MÍNIMO (RESERVA REGULADORA)

- ▨ DUNAS  
 □ BARREIRAS  
 ▨ ARENITO CALCÍFERO