

## ESTUDOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE CAMPOS

**Chaim Michelson, Bension Akherman**  
ENCO — Engenharia Consultoria Planejamento Ltda.

**Paulo Roberto C. Soares**  
CEDAE — Companhia Estadual de Águas  
e Esgotos do Rio de Janeiro

### 1 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho objetiva sintetizar os resultados dos estudos e investigações hidrogeológicas realizadas em 1980, na região de Campos, Estado do Rio de Janeiro.

Embora a cidade de Campos, esteja dotada por um sistema de abastecimento baseado em água superficial, as demais comunidades na região, na sua maior parte carecem de um sistema de abastecimento público.

Os objetivos dos estudos e investigações desenvolvidos pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro através da ENCO ENGENHARIA CONSULTORIA PLANEJAMENTO LTDA. visaram avaliar a potencialidade dos aquíferos na região com a finalidade de aproveitar os recursos hídricos subterrâneos para abastecer, as comunidades viabilizando soluções racionais sob o ponto de vista técnico-econômico.

### 2 - DADOS BÁSICOS

Trata-se da região compreendida pelos limites do município de Campos, com uma área de 4.469km<sup>2</sup> e uma população de mais de 350.000 habitantes, situada na parte norte do Estado do Rio de Janeiro.

Sua principal atividade econômica é a lavoura da cana de açúcar e a respectiva industrialização, produzindo açúcar e álcool.

### 3 - CLIMA

A determinação das características climáticas, foi elaborada com base na coleta e avaliação dos dados de várias estações existentes na região e suas proximidades.

O clima da região, pode ser classificado como do tipo AW de savanas tropicais, caracterizando-se por uma estação relativamente seca no período outono-inverno (maio-setembro), com cerca de 20% das chuvas e uma estação relativamente úmida no verão-primavera (outubro-abril), com cerca de 80% das chuvas (ver tabela nº 1).

Tabela nº 01 - Valores Mensais Médios de Precipitação, de Temperatura Média, e de Umidade Relativa na Região.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANC
Precipitação (mm)	140	100	110	100	60	50	40	30	50	110	150	160	1100
Temperatura média °C	25	26	26	24	22	21	19	20	22	21	23	25	23
Umidade relativa %	83	84	80	83	83	83	82	82	82	82	84	84	83

A avaliação da evapotranspiração potencial (EP) foi feita por três métodos, não se registrando grandes diferenças entre os valores. A diferença de 1,5% entre o valor mínimo (pelo tanque classe A) e o máximo (pelo método Penman), conduziu a utilização por motivo de segurança do valor máximo de EP (1500 mm/ano), como valor representativo da evaporação na região.

A pluviosidade anual média na baixada Campista, é da ordem de 1.100 unitário e a evapotranspiração potencial da ordem de 1.500mm/ano, ou

seja, mais elevada do que a pluviometria, não possibilitando uma re carga direta significativa dos aquíferos.

#### 4 - HIDROGRAFIA

O principal corpo exutório é o Rio Paraíba do Sul que corta a regi ão estudada no sentido sudeste, numa extensão de aproximadamente 28km., desembocando no Oceano Atlântico, cerca de 40km a leste da Cidade de Campos, após receber contribuições de uma bacia hidrográ fica de cerca de 58.000km<sup>2</sup>.

O seu principal afluente na região de Campos é o Rio Muriaé, o qual recebe contribuições de uma bacia hidrográ fica a montante de Cardoso Moreira (noroeste da Região de Campos) de 7.150km<sup>2</sup>.

O extremo sudoeste da região é drenado pelo rio Ururuaí que nasce na Lagoa de Cima, drena uma bacia hidrográ fica de cerca de 1.250km<sup>2</sup> de saguando na Lagoa Feia.

Outras lagoas de água doce como Lagoa do Campelo e Lagoa Limpa ocor rem na região. De uma maneira geral, a baixada é praticamente pla na, com um gradiente muito suave, com péssimas condições de drena gem.

A Lagoa Feia funciona como base de drenagem dos principais canais existentes na região, que conduzem água do Rio Paraíba do Sul.

Além de drenarem a área, na estação chuvosa, os canais são utiliza dos para fornecerem água para irrigação e para abastecimento nas Usinas como também para regular o nível da lâmina d'água na Lagoa Feia.

Um dos objetivos do controle do nível d'água da Lagoa Feia é de re gular a profundidade dos níveis estáticos do aquífero aluvionar.

#### 5 - MORFOLOGIA

Pode-se distinguir três unidades morfológicas distintas:

a - Baixada aluvionar - caracterizada por um relevo quase sem aci dentes, estende-se pelo lado sul do Rio Paraíba do Sul, em direção a oeste, até o sopé das vertentes da faixa montanhosa.

b - Tabuleiros, da Formação Barreiras - desenvolvem-se ao norte do Rio Paraíba do Sul, atingindo, em direção oeste, a parte mais baixa da zona serrana, e ao sul até a margem ocidental da Lagoa Feia. A topografia caracteriza-se por elevações onduladas com 20 a 30 metros de altura.

c - zona montanhosa - constituída de rochas cristalinas, apresentando um relevo acidentado com elevações que atingem centenas de metros aflorando numa faixa situada ao norte e a oeste da baixada sedimentar campista.

## 6 - GEOLOGIA

As formações geológicas na região, constituem uma sequência sedimentar de espessura variável sobrejacente ao embasamento cristalino, que aflora nos limites ocidentais da baixada campista.

Pode-se distinguir, cronologicamente, as seguintes unidades:

a - rochas pré-cambrianas, formadas por rochas metamórficas e ígneas do pré-cambriano, pertencentes aos grupos Serra dos Órgãos e Paraíba do Sul.

b - rochas terciárias representada pelas seguintes formações:

- Formação Emboré - ocorre na extremidade sudeste da região, sobpondo-se as aluviões, mostrando uma sedimentação alternada de clásticos marinhos e continentais, representada por argilas, calcários orgânicos, folhelhos e arenitos, alcançando uma espessura superior a 1.000 metros nas proximidades do Farol de São Tomé.
- Formação Barreiras - os sedimentos assentam-se discordantemente sobre a superfície irregular do embasamento cristalino, podendo-se encontrar seixos rolados de quartzo na base de formação. Predominam detritos argilosos e argilo-siltosos na parte inferior enquanto que na parte superior, ocorre um arenito ferruginoso pouco consolidado com matriz argilosa.

As espessuras da formação Barreiras na região variam entre 40 metros na Usina do Outeiro a 65 metros em Travessão e 60 a 70 metros na Cidade de Campos.

c - rochas cenozóicas, formam a planície campista, constituindo a parte mais baixa do relevo da região, com menos de 12 metros acima do nível do mar.

Além dos sedimentos de origem deltaica depositados durante a formação de antigos deltas do Rio Paraíba do Sul, soterrados por sedimentos recentes ocorrem ainda faixas de aluviões ciliares, ao longo dos principais rios, formando terraços fluviais argilosos e arenosos.

Sua extensão é bastante ampla, ocorrendo principalmente ao sul do Rio Paraíba do Sul. As espessuras alcançadas variam desde 60 metros em Ururá até além de 150 metros na região de Saturnino Braga.

## 7 - METODOLOGIA DOS TRABALHOS

Na etapa inicial foi feita uma coleta, avaliação e síntese dos dados existentes (dados pluviométricos e fluviométricos, técnicos e hidrogeológicos de poços profundos, obras de saneamento etc.).

Na segunda etapa, foram inventariados os poços cadastrados, executados testes de aquífero, análises físico-químicas das águas subterrâneas, mapeamento hidrogeológico, e perfuração de um poço utilizando-se pioneiramente no Estado do Rio de Janeiro o método de perfuração com circulação reversa.

Os trabalhos permitiram conhecer as características hidrodinâmicas dos aquíferos possibilitando não só, avaliar a situação atual de exploração e do potencial explorável dos recursos hídricos subterrâneos, como também definir técnicas mais eficientes de perfuração e construção de poços.

## 8 - CARACTERIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS

### Aquífero Aluvionar

É o aquífero mais importante da região, estendendo-se principalmente ao sul do Rio Paraíba do Sul, constituindo um excelente aquífero. A sua espessura varia de 60 metros nas proximidades da Cidade de Campos a mais de 150 metros no sul da região.

Na fase de reconhecimento os valores de transmissividade (T) obtidos através de testes do aquífero executados em poços existentes posicionaram-se entre 75 a 400m<sup>2</sup>/dia equivalendo a valores de permeabilidade (K) entre 2 a 10m/dia.

Nestes poços existentes, os valores das vazões específicas situam-se entre 2 a 8m<sup>3</sup>/h x metro de rebaixamento.

Entretanto, no poço experimental perfurado no âmbito dos trabalhos, utilizando-se o método rotativo com circulação reversa, e construindo usando-se filtros Johnson com aberturas adequadas, pré-filtro dimensionando em função da granulometria das camadas arenosas, e com o auxílio de uma supervisão atuante, obteve-se uma transmissividade média de 7.000m<sup>2</sup>/dia ou seja, uma permeabilidade de 70m<sup>2</sup>/dia.

O valor da vazão específica situou-se em torno de 140m<sup>3</sup>/h metro de rebaixamento.

Em comparação com os valores obtidos nos poços existentes, verifica-se que os do poço experimental são bem mais elevados. Essas discrepâncias tem sua explicação baseada nos seguintes fatos:

- a maioria dos poços existentes não penetra a totalidade do aquífero, obtendo-se conseqüentemente uma vazão específica menor;
- nem sempre, os filtros estão posicionados corretamente em relação aos horizontes arenosos e muitas vezes o comprimento do filtro é bem menor do que o necessário;
- é muito comum o emprego de tubos-filtros não apropriados (tubos rasgados, perfurados), ou então especificados inadequadamente, trazendo como conseqüência, elevadas perdas nas entradas d'água.
- a utilização do pré-filtro não condizente com a granulometria do aquífero.

Cumpra observar que em decorrência do sucesso alcançado com o poço experimental, foram perfurados posteriormente outros poços pela CEDAE na região, utilizando os mesmos critérios e obtendo-se resultados semelhantes.

Embora as pesquisas hidrogeológicas não tenham possibilitado separar do ponto de vista hidráulico subterrâneo, os sub-aquíferos dos aluviões, os trabalhos levados a efeito, evidenciaram a existência de um aquífero superior livre e de um aquífero profundo parcialmente confinado.

#### - AQUÍFERO EMBORÉ

Ocorre principalmente na extremidade sudeste da região, e suas características hidrogeológicas são muito pouco conhecidas.

Os poucos dados obtidos indicam que o aquífero é confinado com valores de transmissividade entre 200 a 400m<sup>2</sup>/dia e com vazões específicas entre 7 a 12m<sup>3</sup>/h/m de rebaixamento.

#### - AQUÍFERO BARREIRAS

Ocupando uma ampla superfície na margem setentrional do Rio Paraíba do Sul, tem como limites ocidentais as aluviões da baixada campista, encontrando-se em parte encoberto pelas mesmas.

Os estudos mostraram valores de transmissividade entre 10 a 125 m<sup>2</sup>/dia e vazões específicas de 1 a 3 m<sup>3</sup>/h/m de rebaixamento.

Estas variações dos parâmetros hidrodinâmicos evidenciam uma provável heterogeneidade do aquífero. Entretanto estes valores devem ser considerados com reservas, uma vez que o desempenho fraco e irregular dos poços testados sugere baixas qualidades técnicas e construtivas dos mesmos.

#### - AQUÍFERO CRISTALINO

Em geral de baixa produtividade na região, a sua potencialidade hidrogeológica depende das características da rocha. (zonas falhadas, fraturadas e intemperizadas nas quais se pode conseguir vazões mais favoráveis)

O estudo detalhado destas potencialidades pontuais, foge ao nível e a escala do presente trabalho.

## 9 - EXUTÓRIOS E ESCOAMENTO

O aquífero aluvionar livre tem como principal exutório a evapotranspiração reinante na região.

Os principais exutórios do aquífero aluvionar profundo são a Lagoa Feia e o mar.

Os estudos mostraram a existência de um gradiente de escoamento d'águas que se infiltram do Rio Paraíba do Sul, para sul e sudeste, cuja ordem de grandeza varia entre  $0,3/1.000$  durante a estação seca e  $1/1000$  na época das chuvas.

O gradiente hidráulico da água subterrânea no aquífero aluvionar é de  $0,25/1000$  na estação seca e de  $0,5/1000$  na estação chuvosa (devido a elevação do nível do Rio Paraíba do Sul).

As águas do aquífero Barreiras apresentam um escoamento subterrâneo de norte para sul em direção ao rio Paraíba do Sul e de noroeste para sudeste em direção a Lagoa do Campelo, que funcionam juntamente com a evapotranspiração, como seus principais exutórios.

As medições efetuadas mostraram que o gradiente hidráulico do fluxo subterrâneo deste aquífero é de aproximadamente  $1/1000$ .

## 10 - ALIMENTAÇÃO

A alimentação do aquífero aluvionar livre provém principalmente da infiltração direta das águas das chuvas.

Quanto ao aquífero aluvionar profundo, a sua alimentação origina-se principalmente a partir das infiltrações laterais das águas do rio Paraíba do Sul e dos canais que durante a estação seca conduzem água do Rio Paraíba do Sul para a Lagoa Feia.

A recarga do aquífero Formação Barreiras processa-se principalmente pelas infiltrações de águas de chuva na área de afloramento da formação e secundariamente por infiltração vertical proveniente das aluviões sobrepostas ao aquífero Barreiras.

## 11 - EXPLORAÇÃO ATUAL

Com a finalidade de avaliar o potencial d'água subterrânea na região, como também para estimar uma previsão de bombeamento futuro,

efetuou-se uma avaliação através dos poços tubulares existentes.

Com base nas pesquisas de campo estimou-se que o bombeamento anual atinge aproximadamente  $3,93 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , sendo  $2,35 \times 10^6 \text{ m}^3$  na estação seca.

A maior parte d'água bombeada, cerca de  $3,79 \times 10^6 \text{ m}^3$  é proveniente do aquífero aluvionar, e o restante divide-se entre o aquífero Barreiras, aquífero Emboré e o cristalino.

## 12 - RESERVAS REGULADORAS

As reservas reguladoras correspondem ao volume d'água que se infiltra anualmente ou seja o volume anual do escoamento subterrâneo natural na região em direção aos seus limites permeáveis.

Para o aquífero aluvionar avaliou-se este volume por meio da fórmula de Darcy, considerando-se a curva piezométrica de 4,0 metros e uma frente de escoamento (B) de 25km de largura, atravessando o centro da região de interesse, ao longo da curva, considerando um gradiente hidráulico médio de  $i=0,315/1000$  e um valor de transmissividade média de  $7.000 \text{ m}^2/\text{dia}$ .

Estimou-se que nesta faixa, está sendo levado em conta, a maior parte das infiltrações d'água do Rio Paraíba do Sul e dos canais de drenagem.

Assim o volume médio escoado será de  $Q=B.T.i.t = 24 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

Avaliação semelhante foi feita em relação ao aquífero Barreiras que se estende principalmente ao norte do Rio Paraíba do Sul.

Foi considerado uma frente de escoamento de 20km de largura ao longo da curva piezométrica de 10 metros. A transmissividade média considerada foi de  $100 \text{ m}^2/\text{dia}$  e o valor médio do gradiente hidráulico de  $1/1000$ .

Assim o volume do escoamento natural através do aquífero foi avaliado em  $730.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

## 13 - RESERVAS EXPLORÁVEIS

Teoricamente, as reservas reguladoras correspondem as quantidades d'água que poderiam ser exploradas anualmente sem que provocassem

rebaixamentos regionais dos níveis d'água, em vista da renovação anual segura destes volumes.

Avaliou-se atualmente em cerca de  $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ /ano a quantidade aproximada de água, extraída por bombeamento.

O restante d'água ou se escoia nos aquíferos, em direção aos seus limites permeáveis e/ou então é aproveitado pela lavoura da cana de açúcar.

Comparando-se o valor das reservas reguladoras  $24,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ /ano com os dados de exploração atual, pode-se verificar que é possível extrair maiores volumes d'água, uma vez que somente uma pequena parcela está sendo utilizada.

Os volumes d'água armazenados que representam as reservas permanentes, excedem de muito as reservas reguladoras em um dado período e o seu aproveitamento indiscriminado implicaria em um rebaixamento regional dos níveis d'água e o progressivo esgotamento dos aquíferos.

Porém um rebaixamento do nível d'água regional condicionado pela exploração das reservas permanentes, irá afetar o equilíbrio hidráulico, proporcionando um acréscimo na recarga e incrementando as infiltrações anuais provenientes do Rio Paraíba do Sul, dos canais e da infiltração direta das precipitações, desencadeando um processo em que parte das reservas utilizadas poderiam ser compensadas pelo incremento da recarga.

Pode-se então, conseguir explorar volumes d'água superiores aos recursos reguladores considerados, como sendo as reservas exploráveis, sem produzir um efeito indesejável ao aquífero.

#### 14 - VAZÃO SEGURA

Tendo em vista o acima exposto, a exploração racional dos aquíferos não deverá provocar resultados inconvenientes, que poderiam advir, caso a vazão segura fosse excedida.

Esta vazão segura, não deverá ultrapassar a média anual a longo prazo, das reservas reguladoras.

Por se tratar de um aquífero costeiro, a possibilidade de intrusão d'água do mar pelo rebaixamento regional do nível d'água também é um fator condicionante da vazão segura.

## 15 - HIDROGEOQUÍMICA

A ocorrência do alto teor de ferro nas águas subterrâneas é uma característica dos aquíferos da região, possivelmente originário do produto de alteração da mica biotita e/ou presença de lateritos.

A partir dos resultados obtidos, pode-se classificar as águas em dois grupos principais:

- grupo de águas cloretadas, predominante
- grupo de águas sulfatadas cálcicas

Em alguns locais, especialmente na parte sul da região estudada, encontram-se água salinas com elevados teores de cloretos, (1.300 a 1900 mg/l) e sulfatos (200 a 300 mg/l).

Essas ocorrências sugerem a presença de corpos de água salina provenientes de antigas lagunas e/ou em consequência de avanços da água do mar em direção ao continente.

Possivelmente, estas águas permaneceram confinadas como águas salobras, nessas áreas e ainda não foram totalmente eliminadas.

O teor elevado de sulfatos, provém, provavelmente da dissolução de evaporitos (gesso, anidrita), que se precipitaram quando predominava o antigo ambiente lagunar.

Os índices de PH variam entre 6,5 a 7,5 e, em alguns casos, principalmente quando os teores de ferro são altos, a água apresenta uma turbidez elevada.

## 16 - CONCLUSÕES

Os estudos hidrogeológicos efetuados na Região de Campos evidenciam principalmente o seguinte:

- a exploração atual de água subterrânea é pouco significativa em relação aos volumes exploráveis, havendo amplas possibilidades do aproveitamento racional de sua potencialidade;
- as águas em geral não apresentam restrições quanto ao seu aproveitamento para o consumo humano, e são de potencialidade permanente boa;

- o aquífero Aluvionar é o mais importante sendo necessário estudar com mais detalhes o aquífero Barreiras, uma vez que os dados em que basearam os estudos são provenientes de poços cuja construção não obedeceram a critérios corretos;
- torna-se necessário adotar técnicas construtivas adequadas de poços, para melhorar a sua produtividade.
- a perfuração pelo método rotativo com circulação reversa é o mais indicado para o aquífero aluvionar;
- ocorrem no aquífero aluvionar, corpos d'água salinas que devem ser localizados, devendo ser evitada a perfuração de poços próximos a estes corpos.