

# RECARGA ARTIFICIAL DOS AQUIFEROS DA PLANÍCIE DO RECIFE

Waldir Duarte Costa<sup>1</sup>

Waldir Duarte Costa Filho<sup>2</sup>

## RESUMO

A super-exploração dos aquíferos na região da Planície do Recife vem, nos últimos cinco anos, acarretando uma depleção acentuada das reservas permanentes, com tendência à exaustão, além de outros problemas que já estão ocorrendo, como a salinização das águas captadas nos poços que atinge atualmente uma área de cerca de 20% da zona costeira de Boa Viagem e bairros centrais da cidade do Recife. Um outro risco potencial que não pode ser afastado, com a continuidade dos rebaixamentos dos níveis d'água, é uma subsidência que acarretaria a invasão das águas oceânicas, desabamentos de construções civis, rompimento de tubulações de água e esgoto e uma série de situações catastróficas. O atual déficit entre as entradas e retiradas de água do sistema, na área da planície do Recife, devem situar-se em torno de 1,2 m<sup>3</sup>/s, ou 37,8 milhões de metros cúbicos por ano. A continuar o atual regime de exploração, o aquífero poderá estar esgotado, na citada área, dentro de no máximo cinco anos, caso não venham ser tomadas as providências cabíveis. A única solução que poderá evitar que a situação se torne totalmente caótica, será a *recarga artificial dos aquíferos*, a partir da injeção de águas superficiais, devidamente tratadas, captadas na calha do Rio Capibaribe, durante os meses de março a agosto, onde há excedentes hídricos que são escoados para o mar, sem qualquer aproveitamento. A captação de 5 m<sup>3</sup>/s durante os seis meses referidos, garantirá um excedente correspondente ao dobro do atual déficit, garantindo a médio prazo, a recuperação dos níveis d'água dos aquíferos e a melhoria da sua qualidade.

## PALAVRAS CHAVE

AQUIFERO – SUPER-EXPLORAÇÃO – RECARGA ARTIFICIAL

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade do Recife se acha localizada numa planície deltáica em que os sedimentos de múltiplas origens – fluvial, marinho, coluvial, mangues, etc – recobrem bacias sedimentares que se desenvolvem a partir de um divisor estrutural, para o norte – Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba – e para sul – Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo.

Dessa maneira, ocorrem vários aquíferos que vêm participando há mais de cinco décadas, do abastecimento d'água da cidade do Recife e outras cidades da região costeira do estado.

1) Geólogo, Professor titular (aposentado) da UFPE, Mestre e Doutor em Hidrogeologia, Presidente da COSTA Consult.e Serv.Tec.e Amb.Ltda. Av.Santos Dumont,320-Recife-PE-CEP: 52.050-050 Fone/FAX: (081) 3241.4815.E.mail: [waldir@costa.com.br](mailto:waldir@costa.com.br)

2) Geólogo, Mestre em Hidrogeologia, Consultor da CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Travessa Francisco Silveira s/n- Afogados-Recife-PE CEP: 50.770-020, Fone: (081) 428.0623. E.mail: [wdcfilho@costa.com.br](mailto:wdcfilho@costa.com.br)

Na década de 90, ocorreram dois períodos de estiagem – 92/93 e 98/99 – que chegaram a atingir a região costeira do estado, ao contrário das secas tradicionais, que se restringiam à região semi-árida do nordeste.

Em função dessas secas, o serviço de abastecimento d'água oferecido pela concessionária local – a COMPESA – sofreu uma drástica redução, passando a fornecer apenas 20% dos volumes mensais para a área central do Recife e 10% para as áreas periféricas.

Com essa contenção no abastecimento público, os habitantes da cidade voltaram as suas atenções para o manancial hídrico subterrâneo, chegando a dobrar o número de poços existentes, durante o período de 1998 a 2000.

O estudo realizado no período 95/97 através do convênio entre a UFPE e o IDRC do Canadá, abrangeu a Região Metropolitana do Recife e contou com um número de 2.000 poços cadastrados durante o referido estudo. Esse estudo deverá ser atualizado, tendo em vista o aumento em dobro dos poços perfurados recentemente.

Em função da super-exploração representada pela perfuração de mais de 4.000 poços, numa área de apenas 112 km<sup>2</sup> as recargas anuais deixaram de compensar as retiradas, gerando um déficit atualmente estimado da ordem de 1,2 m<sup>3</sup>/s.

Os efeitos imediatos decorrentes dessa super-exploração já se fizeram sentir, com o rebaixamento acentuado dos níveis d'água dos aquíferos, diminuição da vazão dos poços, e salinização de uma grande área na região costeira.

Apesar do gerenciamento atualmente desenvolvido pela Secretaria de Recursos Hídricos, inclusive proibindo a perfuração de novos poços na área mais crítica de Boa Viagem, os rebaixamentos de nível d'água continuam a aumentar e, de acordo com uma simulação apresentada numa dissertação de mestrado de Adson Monteiro, na UFPE (2000), os níveis d'água dos aquíferos somente apresentariam uma recuperação da ordem de 10m num período de 10 anos, se a vazão atualmente captada nos poços fosse reduzida em 50%.

A única solução viável para se obter uma recuperação do aquífero, será a **recarga artificial**, que seria desenvolvida através da introdução, sob pressão, de águas superficiais, devidamente tratadas.

## 2. ÁREA DE INTERESSE

A área de maior interesse para a realização da recarga artificial é a Planície do Recife, mostrada na Figura 1, que se segue, com uma área de 112 km<sup>2</sup>, onde habitam cerca de 1.600.000 habitantes, e onde o manancial hídrico subterrâneo vem colaborando com cerca de 40% do atual abastecimento doméstico.

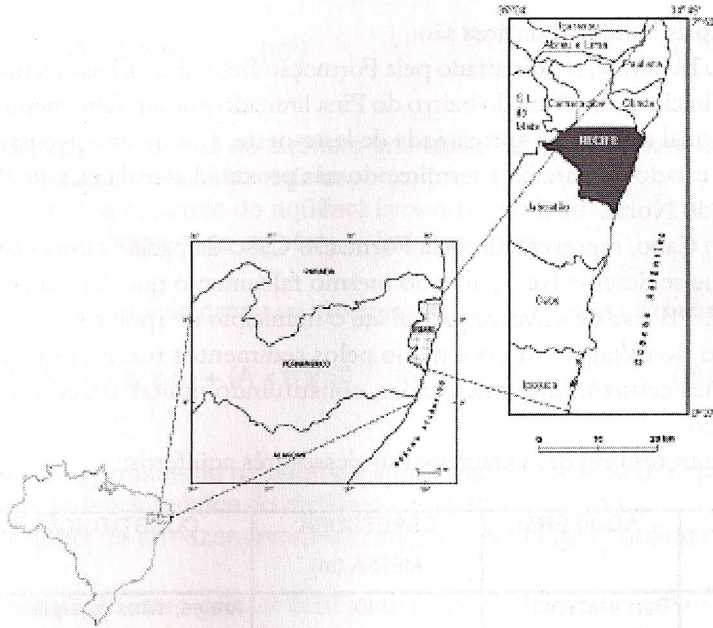


FIGURA 1 - Localização da Planície do Recife

### 3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

A planície do Recife com uma área de 112 km<sup>2</sup>, localizada na costa do Estado de Pernambuco, é representada por uma seqüência de aquíferos cenozóicos encobertos por aquíferos de sedimentos recentes, representados por aluviões, terraços aluviais, colúvios, sedimentos de mangue, sedimentos de praia, etc.

A geologia é representada na figura 2 que se segue, caracterizada por uma seqüência de arenitos e calcários – Bacia Pernambuco-Paraíba – e outra seqüência de arenitos arcoseanos, siltitos e argilitos, com intercalações de rochas vulcânicas – Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo.

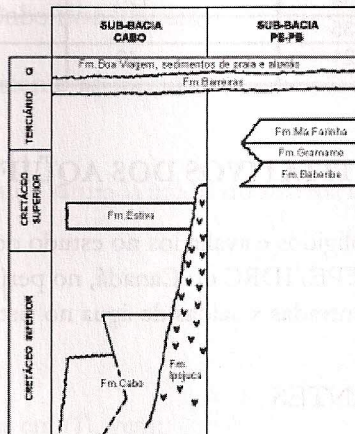


FIGURA 2- Relação estratigráfica entre as formações geológicas que ocorrem na planície do Recife

Os principais aquíferos da área são:

- Aquífero Beberibe, representado pela Formação Beberibe na base da bacia Pernambuco Paraíba; inicia-se na altura do bairro do Pina limitado por um falhamento transcorrente/gravitacional de direção aproximada de leste-oeste, e se desenvolve para norte atravessando o estado da Paraíba e terminando nas proximidades da cidade Natal no Rio Grande do Norte.
- Aquífero Cabo, representado pela Formação Cabo da bacia vulcano-sedimentar do Cabo, que se desenvolve a partir do mesmo falhamento que delimita esta bacia da bacia PE-PB e se desenvolve para sul até o município de Ipojuca.
- Aquífero Boa Viagem, representado pelos sedimentos recentes que capeiam as duas formações cenozóicas supra-citadas, constituindo muitas vezes, um sistema hidráulico único.

Segue-se um resumo das características desses três aquíferos:

IDADE	AQUÍFERO	ESPESSURA MÉDIA (m)	CONSTITUIÇÃO LITOLÓGICA
Quaternário	Boa Viagem	40	Areias, siltes e argilas
Cretáceo Superior	Beberibe	100	Arenitos
Cretáceo Inferior	Cabo	60	Conglomerados arcossianos, arenitos, siltitos e argilitos.

Parâmetros Hidrodinâmicos	Aquíferos		
	Beberibe	Cabo	Boa Viagem
<b>Transmissividade</b>	$2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$8,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$7,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
<b>Condutividade Hidráulica</b>	$2,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
<b>Porosidade Eficaz</b>	$1,0 \times 10^{-1}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-1}$
<b>Coefficiente de Armazenamento</b>	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	-

Sistemas Aquíferos	Área $\times 10^6$ (m <sup>2</sup> )	Espessura Saturada (m)	Porosidade Eficaz	Reserva Permanente $\times 10^6$ (m <sup>3</sup> )
Beberibe/Boa Viagem	56	120	0,10	672,0
Cabo/Boa Viagem	35	110	0,07	269,5
Boa Viagem	21	40	0,10	84,0

#### 4. PARÂMETROS QUANTITATIVOS DOS AQUÍFEROS NA ÁREA

A partir dos elementos coligidos e avaliados no estudo do HIDROREC, projeto desenvolvido através do convênio UFPE/IDRC do Canadá, no período de 1995-98, pode-se apresentar os seguintes valores de entradas x saídas de água no sistema hídrico subterrâneo:

##### 4.1 RESERVAS PERMANENTES

- Sistema Aquífero Beberibe/Boa Viagem

Para aquíferos freáticos ou livres em que se conhece os parâmetros dimensionais e hidrodinâmicos a partir de ensaio de bombeamento com piezômetro:

$$R_p = A \times b \times \mu \quad (\text{m}^3) \quad (1)$$

Onde:

$R_p$  = reserva permanente no aquífero intersticial de bacia sedimentar ( $\text{m}^3$ )

$A$  = área de ocorrência do aquífero ( $\text{m}^2$ )

$b$  = espessura saturada do aquífero livre ou confinado (m)

$\mu$  = porosidade efetiva do aquífero (adimensional)

Em aquíferos confinados drenantes ou não drenantes, com idêntico nível de conhecimentos:

$$R_p = (A \times b \times \mu) + (A \times h \times S) \quad (\text{m}^3) \quad (2)$$

Sendo:

$R_p$  = reserva permanente no aquífero intersticial de bacia sedimentar ( $\text{m}^3$ )

$h$  = carga potenciométrica do aquífero confinado (m)

$S$  = coeficiente de armazenamento do aquífero confinado (adimensional)

Apesar de existir um certo grau de confinamento, ou semi-confinamento, revelado nos ensaios de bombeamento, a carga potenciométrica é tão reduzida (a níveis atuais) que pode ser desprezada a segunda parcela da equação (2) correspondente aos volumes liberados sob pressão, recaindo-se então na equação (1) para aquíferos livres.

Os valores da área, espessura saturada média do sistema aquífero e sua porosidade eficaz média, são os seguintes:

$$A = 56 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$b = 120 \text{ m}$$

$$\mu = 10\%$$

Substituindo esses valores em (1), vem:

$$R_{p1} = 56.10^6 \times 120 \times 0,1 = 672 \times 10^6 \text{ m}^3$$

- Sistema Aquífero Cabo/Boa Viagem

São válidas para esse sistema as mesmas observações apresentadas para o sistema Beberibe/B.Viagem.

Os valores da área, espessura saturada média do sistema aquífero e sua porosidade eficaz média, são os seguintes:

$$A = 35 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$b = 110 \text{ m}$$

$$\mu = 7\%$$

Substituindo esses valores em (1), vem:

$$R_{p2} = 35.10^6 \times 110 \times 0,07 = 269,5 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

- Aquífero Boa Viagem

Esse aquífero ocorre diretamente sobre o embasamento cristalino na área mais ocidental da planície, entre a BR-232 e Dois Irmãos, correspondendo sobretudo à área da Cidade Universitária - Caxangá, com um total de 21 km<sup>2</sup>.

Os valores da área, espessura saturada média do sistema aquífero e sua porosidade eficaz média, são os seguintes:

$$A = 21 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$b = 40 \text{ m}$$

$$\mu = 10\%$$

Substituindo esses valores em (1), vem:

$$R_{p3} = 21 \cdot 10^6 \times 40 \times 0,1 = 84 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

O total de água armazenada, como reserva permanente é de 1,025x10<sup>9</sup> ou seja, aproximadamente, um bilhão de metros cúbicos.

#### 4.2 RESERVAS REGULADORAS

Um dos métodos de avaliação da recarga é através da variação sazonal dos níveis da superfície potenciométrica, pela expressão matemática seguinte:

$$R_r = A \times \Delta s \times \mu \quad (\text{m}^3/\text{ano}) \quad (3)$$

Em que:

**A** = área do aquífero (em m<sup>2</sup>)

**Δs** = variação de altura da superfície potenciométrica, no ano (em m)

**μ** = porosidade eficaz do sistema aquífero (adimensional)

Na Planície do Recife (Sistemas aquíferos Beberibe/Boa Viagem + Cabo/Boa Viagem) o valor de Ds avaliado no estudo do HIDROREC, foi de 2,5m. Assim:

$$R_r = 112,5 \cdot 10^6 \times 2,5 \times 0,1 = 28,12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Além da recarga natural proporcionada pelas precipitações pluviométricas, deve-se ainda levar em conta a recarga propiciada pelos vazamentos das tubulações da rede de distribuição de água, principalmente na cidade do Recife, tendo sido avaliada em torno de 25,23 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, em toda a RMR. Desse total, estima-se que 70% corresponda à planície do Recife; assim a recarga total será de:

$$R_r = (28,12 + 17,64) \times 10^6 = 45,76 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

#### 4.3 POTENCIALIDADE

No aquífero intersticial, sobretudo em bacias sedimentares, a potencialidade pode ser considerada como uma parcela da reserva permanente acrescida da reserva reguladora; é o que

os americanos denominam de “safe yield”. Convencionalmente, vem-se adotando o percentual de 30% das reservas permanentes como o limite de depleção aceito num período de 50 anos de bombeamento contínuo, entretanto, será admitido nesse estudo o mesmo percentual proposto por Costa (1998) no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, que foi de 10% no mesmo período de 50 anos, o que corresponde a um percentual anual de 0,2% da reserva permanente.. A partir dessa retirada, o aquífero tem plenas condições de se recompor, pois esse reduzido rebaixamento irá induzir uma recarga maior de águas superficiais.

A expressão matemática que definirá os volumes da potencialidade será pois:

$$P_o = (R_p \times 0,002) + R_r \quad (\text{m}^3/\text{ano}) \quad (4)$$

$$P_o = (1,025 \times 10^6 \times 0,002) + 45,76 \times 10^6 = 47,81 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

#### 4.4 EXUTÓRIOS

Nesse sentido são computados os exutórios naturais, representados pela vazão de escoamento natural – VEN - das águas subterrâneas, que, no caso do aquífero costeiro têm o destino do oceano, e os exutórios artificiais representados pelos poços em bombeamento na região.

A expressão matemática para avaliação do VEN é a seguinte:

$$\text{VEN} = \text{TIL} \quad (5)$$

Sendo:

T = transmissividade do aquífero (em m<sup>2</sup>/s)

I = gradiente hidráulico (adimensional)

L = extensão da frente de escoamento do aquífero (em m)

Sejam os valores de T, I e L, respectivamente de:

$$T = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$I = 0,01 \text{ (10m/km)}$$

$$L = 17.000 \text{ m}$$

Substituindo esses valores em (5), vem:

$$\text{VEN} = 0,0025 \times 0,01 \times 17.000 = 0,425 \text{ m}^3/\text{s} = 13,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

O valor encontrado se acha compatível com aquele calculado por Batista (1984) para a Planície do Recife, com uma vazão de escoamento natural de  $7,98 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , desde que os gradientes considerados na planície, naquela época, variaram entre 1,4 a 4,0 m/km,

Os exutórios naturais correspondem aos poços cadastrados no Projeto HIDROREC, multiplicados pelas respectivas vazões médias de cada aquífero, como se segue:

a) No aquífero Beberibe: 437 poços  $\times$  9,23 m<sup>3</sup>/h =  $16,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  (0,52 m<sup>3</sup>/s)

b) No aquífero Cabo: 465 poços  $\times$  3,91 m<sup>3</sup>/h =  $7,43 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  (0,24 m<sup>3</sup>/s)

c) No aquífero Boa Viagem: 451 poços  $\times$  8,50 m<sup>3</sup>/h =  $15,67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  (0,49 m<sup>3</sup>/s)

Sub-total: 1.353 poços  $\quad 39,59 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  (1,25 m<sup>3</sup>/s)

Considerando que cerca de 30% dos poços não tiveram as suas vazões medidas por impossibilidade técnica, o volume total em exploração passaria, aproximadamente a  $39,59 \times 10^6 \times 1,3 = 51,48 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  (1,63 m<sup>3</sup>/s)

#### 4.5 BALANÇO ENTRADAS X SAÍDAS

O total de água retirada, ou seja, os exutórios naturais e artificiais em conjunto equivale a:

$$E_x = (13,4 + 51,48) = 64,88 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

O balanço das entradas e saídas dará, desta forma, um saldo negativo, pois:

$$\text{Total disponível (potencialidade)} = 47,07 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$\text{Total de saídas (exutórios naturais + artificiais)} = 64,88 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$\text{Déficit:} = 17,07 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano, ou } 0,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.6 SITUAÇÃO ATUAL

Em decorrência do período de estiagem que atingiu até a região costeira, no biênio 1998/99, com precipitação de apenas um terço da média histórica, houve um quase total esgotamento dos mananciais de superfície que obrigaram a concessionária dos serviços de abastecimento d'água a implantarem um sistema de racionamento, de até 90%.

Em decorrência dessa contenção no sistema de abastecimento público, a população intensificou a perfuração de poços, que passou a contribuir com 60% do abastecimento da cidade. O número de companhias de perfuração de poços aumentou de 8 empresas para mais de 30 e as empresas de fornecimento de água em carro-pipa (que captavam água subterrânea) cresceu em mais de 500%.

Apesar de não haver sido feito ainda um trabalho de cadastramento dos novos poços perfurados nos últimos três anos, estima-se, a partir do número de perfuratrizes que operaram naquele período, que tenham sido perfurados cerca de 2.000 poços, o que, praticamente duplicou o déficit existente.

Considerando que, no citado período a recarga também diminuiu devido a menor precipitação em dois anos consecutivos, pode-se estimar, a grosso modo, por falta de um estudo detalhado, que o déficit atual do balanço "entradas x saídas" dos aquíferos na Planície do Recife, esteja em torno de  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou 37,8 milhões de metros cúbicos por ano.

No estudo do HIDROREC, efetuado para toda a Região Metropolitana do Recife, o déficit encontrado no balanço "entradas x saídas" foi ainda maior, da ordem de  $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou 30 milhões de metros cúbicos anuais, os quais, ao serem corrigidos para a situação atual dariam em torno de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou 63 milhões de metros cúbicos anuais.

### 5. RISCOS DECORRENTES DA SUPER-EXPLOTAÇÃO DOS AQUIFEROS

As espessuras saturadas dos aquíferos Beberibe e Cabo, principalmente este último que corresponde à região de Boa Viagem/Piedade, se encontram atualmente com menos de 50% da situação original, ou seja, a depleção das reservas permanentes já consumiu a metade das reservas permanentes dos aquíferos mais explorados da área.



Dessa maneira, a reserva permanente desses dois aquíferos, na área de 90 km<sup>2</sup> em que os mesmos ocorrem, fica reduzida atualmente a aproximadamente 470 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Com uma exploração atual da ordem de 100 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, pode-se ver que dentro de no máximo 5 anos o aquífero estaria exaurido em quase toda a planície do Recife, áreas de maior exploração daqueles aquíferos regionais.

Além da exaustão iminente e previsível para os aquíferos a médio prazo, outros riscos são ainda imputáveis a uma super-exploração de um aquífero, sobretudo um aquífero costeiro: a salinização das águas por desequilíbrio da interface água doce/água salgada e a subsidência do terreno.

As águas doces de um aquífero continental que entram em contato com as águas salgadas do oceano, numa bacia sedimentar costeira, guardam uma zona de equilíbrio que é denominada “interface água doce/água salgada”; quando uma exploração intensa de um aquífero costeiro é efetuado, ocorre um desequilíbrio dessa interface, ocasionando o que se costuma dizer, um “avanço da cunha salina” dentro do aquífero, tornando imprestável a água que antes vinha sendo captada por poços.

Na cidade do Recife, sobretudo em Boa Viagem, vem sendo constatada uma acentuada expansão geográfica da “mancha de salinização” assim denominada a área de ocorrência de poços com água salinizada. Conquanto ainda não tenha sido comprovada a causa de salinização como decorrente do avanço da cunha salina do oceano, é provável que isso possa estar ocorrendo, em função da situação já apontada, de super-exploração dos aquíferos mais profundos.

Quanto a subsidência do terreno, não existe até o momento nenhuma evidência da sua ocorrência e os desabamentos dos quatro edifícios que ocorreram nas cidades de Olinda, Jaboatão e Recife, tiveram suas causas relacionadas a problemas estruturais da construção civil. Entretanto, não se pode afastar o risco de uma futura subsidência, nos moldes daquela ocorrida em várias partes do mundo, tais como na cidade do México, na cidade de Las Vegas e no vale de São Joaquim na Califórnia, neste com afundamento de até 10m.

## 5. SOLUÇÃO DO PROBLEMA: RECARGA ARTIFICIAL

Em casos como o que vem ocorrendo na Planície do Recife, com uma super-exploração acentuada e riscos iminentes de esgotamento do aquífero, salinização das águas e até subsidência de terreno, somente uma solução pode ser apontada para o problema: a **recarga artificial** dos aquíferos.

Duas metodologias para a recarga são comumente utilizadas através de várias técnicas (Figura 3), a saber:

- ° Método Superficial Direto: utilizando-se de bacias de inundação e da modificação do fluxo de canal;
- ° Método Subsuperficial Direto: utilizando-se de poços de injeção nas zonas saturada e vadosa do aquífero, e de aberturas naturais.

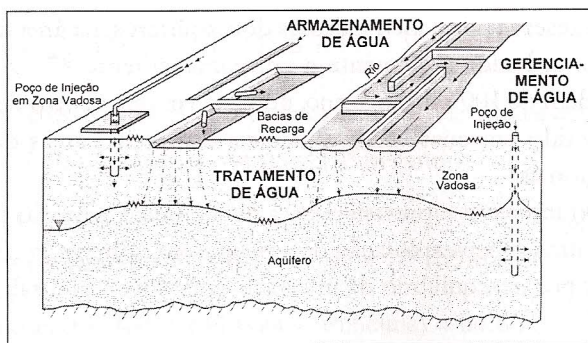


FIGURA 3: Sistema de Recarga de Água Subterrânea pela SRP, Arizona.

O método superficial direto não pode ser empregado no caso do Recife, por duas razões: 1ª) não ocorrem áreas de afloramentos dos aquíferos profundos – Beberibe e Cabo - que, no âmbito da planície, se encontram sobrepostos pelo aquífero Boa Viagem; 2ª) os estudos mais recentes desenvolvidos por Monteiro(1999) mostram que a intercomunicação entre os aquíferos inferior (Beberibe ou Cabo) com o superior (Boa Viagem) se faz de maneira muito incipiente, graças às reduzidas permeabilidades das camadas siltico-argilosas situadas na base do aquífero superior.

Assim, o método a ser empregado deveria ser o subsuperficial direto, com injeção de água através de poços profundos, atingindo a zona saturada confinada dos aquíferos Cabo, na zona sul(Boa Viagem) e Beberibe, na zona centro e norte.

A injeção de água dar-se-ia por poços distribuídos ao longo de uma linha paralela à costa para atuar como recarga e ao mesmo tempo constituir uma barreira contra a salinização da água do mar.

O tratamento da água captada na superfície poderia ser tratada numa estação única comum a todos os poços ou em mini-estações acopladas a cada poço, como vem sendo efetuado na região do Arizona, onde a água aduzida do Rio Colorado através de um extenso canal é injetada em poços de dupla ação (recarga e descarga), com um tratamento da água individual para cada poço (ver figura 4). O aquífero do SRP (Salt River Project) que recebe essa recarga é explotado através de 300 poços, com vazão de 900 m<sup>3</sup>/h cada um, para uso em irrigação e abastecimento público de cidades do Arizona.

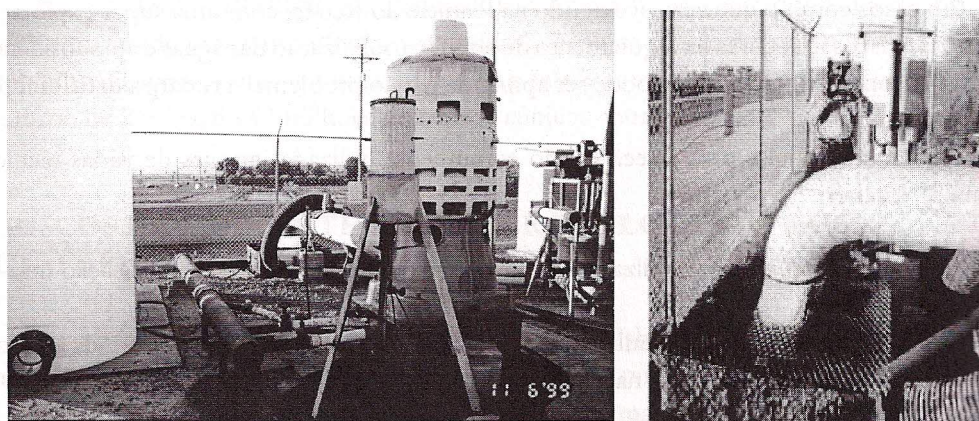


FIGURA 4: Sistema de Poço de Injeção/Produção do SRP, Arizona, com detalhe da vazão injetada no canal principal.

Na figura 4, pode-se observar na foto maior um depósito metálico à esquerda do poço onde é efetuado o tratamento físico-químico da água.

Quanto a fonte de manancial hídrico a ser solicitada para a recarga dos aquíferos, a principal seria o Rio Capibaribe, que recebe uma afluição considerável de água da barragem de Carpina durante o inverno, tendo esse volume de água o destino do oceano.

No quadro abaixo, pode-se ter uma idéia da descarga média ( $m^3/s$ ) do Rio Capibaribe na estação de São Lourenço da Mata, a jusante da barragem de Carpina:

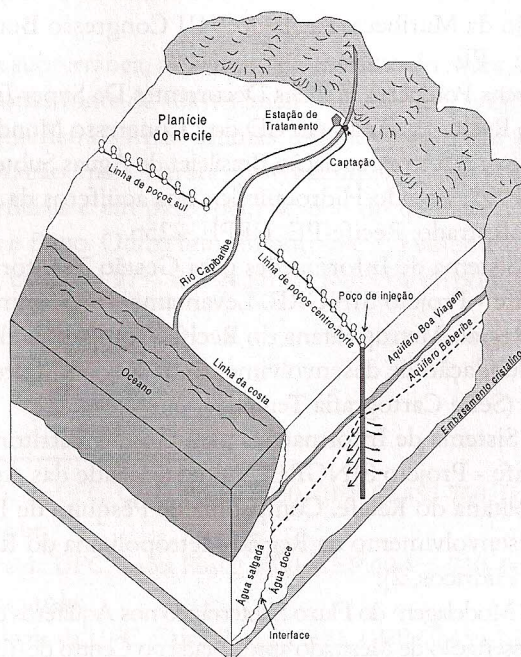
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
8,24	6,60	38,4	54,1	37,2	36,9	59,0	22,1	9,96	4,50	3,94	5,82

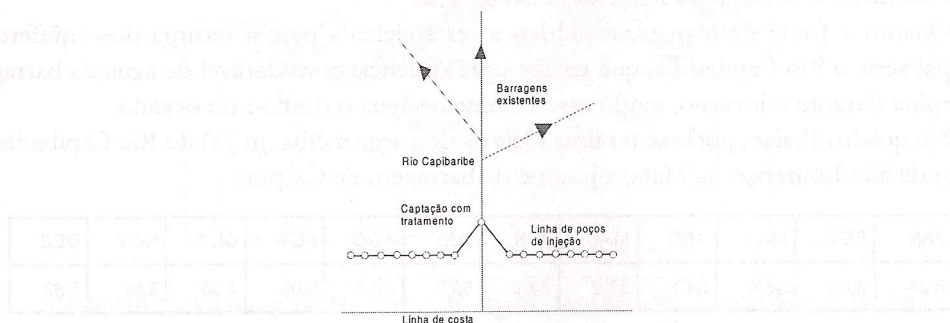
Considerando que o atual déficit é da ordem de  $1,2 m^3/s$ , pode-se efetuar a captação de pelo menos  $5 m^3/s$  durante o período de março a agosto, o que representaria um aporte anual igual ao dobro do déficit atual, permitindo, ao longo do tempo, uma recuperação do aquífero em toda a área.

Além do rio Capibaribe, outros mananciais superficiais poderiam ser estudados, como o rio Beberibe mais ao norte, o rio Duas Unas, dentre outros. Somente um projeto detalhado, em que sejam consideradas as condições hidrogeológicas e hidrológicas poderá resultar num programa de ação que permita definir os volumes de água a serem tirados do rio, qual ou quais os rios a serem utilizados, o tipo e local de tratamento da água, o(s) local(is) de captação, o traçado das linhas de poços, inclusive com definição do tipo de poço, do número de poços, da distância entre poços, da profundidade, das vazões a introduzir e todos os demais detalhes técnicos do projeto.

Nos dois desenhos que se segue a idéia inicial do projeto é apresentada, para a partir de estudos de detalhe se definir a concepção final.

SISTEMA ESQUEMÁTICO DA RECARGA ARTIFICIAL DOS AQUIFEROS DA PLANÍCIE DO RECIFE



SISTEMA SIMPLIFICADO DA RECARGA ARTIFICIAL  
DOS AQUÍFEROS DA PLANÍCIE DO RECIFE

## 6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BATISTA, R.P., 1984. Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, PE. 91p.
- COMPESA/ACQUA-PLAN - 1982 - Plano Diretor de Recursos Hídricos - Região Metropolitana do Recife, Vol. III - Recursos Hídricos Subterrâneos. Recife-PE
- COSTA, W.D.; REBOUÇAS, A. DA C. & COUTINHO, P.D.A N.- 1968 - Reconhecimento Geológico e Hidrogeológico do Recife e Municípios Adjacentes - Anexo do Planejamento do Sistema de Abastecimento D'água da Área Metropolitana do Recife - DSE/SUDENE, Recife-PE.
- COSTA, W.D., SANTOS, A.C., COSTA FILHO, W.D. – 1991 - A Superexploração e a Salinização da Água Subterrânea na Planície do Recife. In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Recife, SBG. 139-142.
- COSTA, W.D., SANTOS, A.C., COSTA FILHO, W.D., 1994. O Controle Estrutural na Formação dos Aquíferos na Planície do Recife. In: 8o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, ABAS. 38-43.
- COSTA, W. D. & SANTOS, A. C. - 1994 - A Possibilidade de Poluição das Águas Subterrâneas pelo Lixão da Muribeca. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife - PE.
- COSTA, W.D. – 2000 - Riscos Potenciais E Reais Decorrentes Da Super-Exploração Das Águas Subterrâneas No Recife-Pe. Anais em CD do I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS-Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Fortaleza/CE.
- COSTA FILHO, W. D., 1997. Estudo Hidroquímico nos aquíferos da Planície do Recife. Dissertação de Mestrado. Recife-PE, UFPE. 225p.
- CPRM/FIDEM, 1994a. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE, Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Fundação de desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. Recife-PE. 38p. (Série Cartografia Temática, 2).
- CPRM/FIDEM, 1994b. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE, Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Fundação de desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. Recife-PE. 27p. (Série Recursos Hídricos, 2).
- MONTEIRO, A.B., 2000 – Modelagem do Fluxo Subterrâneo nos Aquíferos da Planície do Recife e seus Encaixes. Dissertação de Mestrado apresentada no Centro de Tecnologia da UFPE.