

RECARGA ARTIFICIAL DOS AQUIFEROS DA PLANÍCIE DO RECIFE

Waldir Duarte Costa¹

Waldir Duarte Costa Filho²

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 m³/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 m³/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

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

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 km² as recargas anuais deixaram de compensar as retiradas, gerando um déficit atualmente estimado da ordem de 1,2 m³/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 km², onde habitam cerca de 1.600.000 habitantes, e onde o manancial hídrico subterrâneo vem colaborando com cerca de 40% do atual abastecimento doméstico.

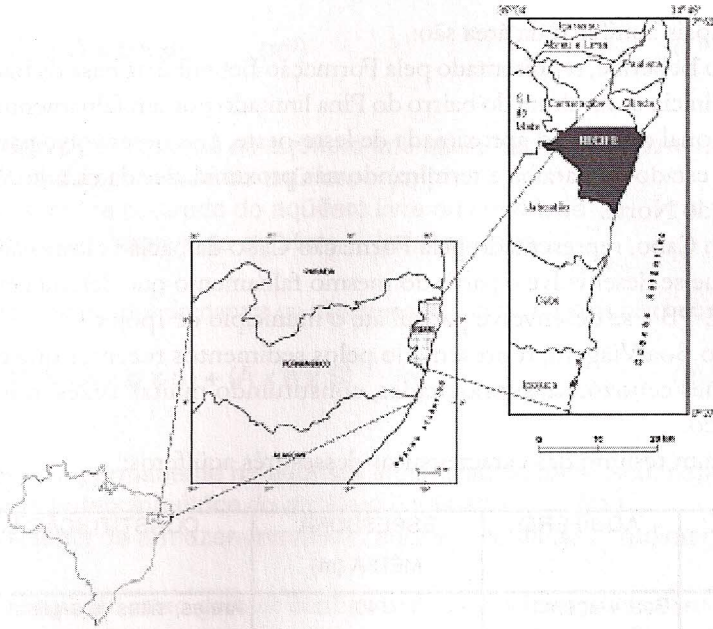


FIGURA 1 - Localização da Planície do Recife

3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

A planície do Recife com uma área de 112 km², 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.

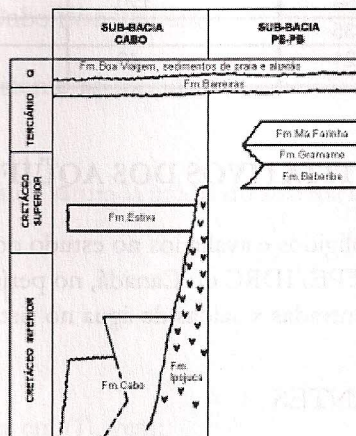


FIGURA 2- Relação estratigráfica entre as formações geológicas que ocorrem na planície do Recife

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
Transmissividade	$2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$8,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$7,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Condutividade Hidráulica	$2,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
Porosidade Eficaz	$1,0 \times 10^{-1}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-1}$
Coefficiente de Armazenamento	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	-

Sistemas Aquíferos	Área $\times 10^6$ (m ²)	Espessura Saturada (m)	Porosidade Eficaz	Reserva Permanente $\times 10^6$ (m ³)
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 (m^3)

A = área de ocorrência do aquífero (m^2)

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

μ = 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 (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 km².

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:

$$R_{p3} = 21.10^6 \times 40 \times 0,1 = 84 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

O total de água armazenada, como reserva permanente é de 1,025x10⁹ 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 m²)

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:

$$R_r = 112,5.10^6 \times 2,5 \times 0,1 = 28,12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

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 10⁶ m³/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 m²/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 m³/h = $16,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (0,52 m³/s)

b) No aquífero Cabo: 465 poços \times 3,91 m³/h = $7,43 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (0,24 m³/s)

c) No aquífero Boa Viagem: 451 poços \times 8,50 m³/h = $15,67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (0,49 m³/s)

Sub-total: 1.353 poços $\quad 39,59 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (1,25 m³/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 m³/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-EXPLORAÇÃO 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.

