

# EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ZONA URBANA: CASO DA GRANDE RECIFE – PE

João Manoel Filho<sup>1</sup>

**Resumo** - A água subterrânea é um recurso de crucial importância para a humanidade porque é geralmente de boa qualidade e está quase sempre disponível a baixo custo. A facilidade de acesso a esse recurso torna-o vulnerável à poluição nas grandes cidades, nas quais são produzidos e disseminados no meio ambiente, resíduos sólidos, chorumes de aterros sanitários, esgotos domésticos e efluentes industriais carregados de produtos tóxicos diversos. Nos países em desenvolvimento a contaminação dos recursos hídricos que se observa nos centros urbanos resulta, sobretudo, da falta de recursos financeiros para atender, dentre outras, as demandas de saneamento e abastecimento de água. Na região da Grande Recife, a falta de atendimento dessas demandas pelo poder público trouxe como conseqüências: a poluição das águas superficiais e a exploração descontrolada das águas subterrâneas. O nível de conhecimento hidrogeológico dos aquíferos em exploração (evolução temporal das cargas hidráulicas, produção e qualidade da água) é insatisfatório. A tomada de decisão baseada em modelagem numérica exige uma redução consistente da incerteza hidrogeológica. O órgão gestor dos recursos hídricos precisa implementar procedimentos de aquisição de dados hidrogeológicos que incluam a participação das empresas de perfuração e dos usuários dos poços.

**Abstract** - Groundwater is a resource of crucial importance for human population because it is usually of good quality and is often available at low capital cost. The ease of access to groundwater makes it vulnerable to pollution in large cities where human activity produces and disseminates to the environment solid wastes, sewers, leakage from landfills and effluents from industrial plants. In developing countries urban contamination of water resources results from non allocation of financial resources to fulfill, among others, sewage and water supply demands. In the Grande Recife region, for example, such demands were never satisfied by the water resources authority and as a consequence there is widespread pollution of surface water and uncontrolled groundwater development. The hydrogeologic knowledge of the aquifers under exploitation (water levels,

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências. Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n – sala 322. Cidade Universitária – 50740-530 Recife – PE. Fone/Fax: 081 21268239. E-mail [jomanoelfilho@aol.com](mailto:jomanoelfilho@aol.com).

discharges and water quality) is poor. Uncertainty must be reduced through data acquisition, groundwater monitoring and numerical modeling for efficient decision making. Procedures regarding groundwater surveys including cooperation of water users and well drillers companies must be implemented by the water authority.

**Palavras-Chave** - urbana; água subterrânea; Recife.

## **INTRODUÇÃO**

Existe hoje uma consciência global sobre a urgente necessidade de atendimento das demandas urbanas. Saneamento, drenagem e abastecimento de água de boa qualidade são apenas três, dessas demandas mal atendidas para cuja solução é preciso diagnóstico, planejamento, tempo e alocação permanente de abundantes recursos financeiros. Isso tem faltado nos países em desenvolvimento. Segundo a Organização Mundial de Saúde e a UNICEF (OMS & UNICEF 2000 apud Drangert & Cronin 2004) a maior parte do esgoto gerado nas áreas urbanas do mundo permanece sem tratamento (65% na Ásia, 86% na América Latina e 100% na África). A Organização das Nações Unidas estima que a população mundial deva duplicar de 3 para 6 bilhões de habitantes, em 50 anos. Portanto, o lamentável quadro ambiental urbano hoje existente pode vir a ser ainda pior se não houver um combate efetivo às práticas atuais de poluição dos recursos hídricos e do meio ambiente.

O crescimento desordenado da urbanização e das atividades econômicas nos grandes centros urbanos está intrinsecamente ligado ao crescimento industrial e, portanto, ao crescimento da produção e emissão de resíduos sólidos, de esgotos domésticos e de poluentes industriais diversos que são fontes potenciais de poluição da água subterrânea. Nesse contexto os aquíferos existentes em exploração nas zonas urbanas estão cada vez mais ameaçados de contaminação, pois grande parte da sua recarga é proveniente de fluxos subterrâneos induzidos de cursos de água superficial que nas zonas urbanas se acham geralmente contaminados. Daí porque a gestão dos recursos de água subterrânea nos centros urbanos precisa ser feita de forma integrada com os recursos de água superficial. O presente e o futuro bem estar das populações urbanas certamente vai depender cada vez mais do gerenciamento da água, em face da sua importância como recurso fundamental para a vida e para o desenvolvimento sócio econômico.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa, feita por compilação e análise de dados existentes, contemplou: i) artigos científicos recentes discutindo as consequências do uso e abuso da água subterrânea nas cidades e a

necessidade de novos métodos de avaliação e novas estratégias de gestão; ii) análise de estudos hidrogeológicos realizados na Grande Recife, com ênfase na qualidade e consistência dos dados utilizados, notadamente por conta das dificuldades de levantamento de informações hidrogeológicas no quadro urbano.

### **Influências da Urbanização no Balanço Hídrico**

Nas zonas urbanas a recarga dos aquíferos pode ser classificada em natural e artificial. A recarga natural compreende a recarga difusa (infiltração direta da chuva), a recarga linear (induzida de rios) e a recarga pontual (a partir de corpos superficiais isolados). Como recargas artificiais são incluem-se os vazamentos de redes de água e de esgotos e irrigações de parques e jardins.

Estudos realizados em várias cidades do mundo, principalmente por cientistas ingleses, sugerem que a urbanização, ao contrário do que muita gente pensa, tende a produzir um **aumento** na recarga total dos aquíferos. Isto porque nas cidades além da chuva existem os vazamentos das redes de água, as irrigações de parques e jardins, as filtrações de fossas sépticas (em área sem esgotamento sanitário) e os vazamentos das redes de esgoto, em áreas saneadas.

É claro que a recarga difusa ou recarga direta, é bem menor do que nas zonas rurais devido à ocupação do solo por edificações e pavimentações (rodovias, estacionamentos, pátios industriais, aeroportos, etc). Todavia, essas impermeabilizações geram uma maior quantidade de água para escoamento superficial e tendem a produzir alagamentos a partir dos quais a água busca outros caminhos para infiltração pontual.

Os vazamentos resultantes de filtrações oriundas de fossas sépticas ou de redes de esgoto podem contaminar de forma bastante significativa, as águas subterrâneas nas cidades, principalmente por nitratos e coliformes fecais (Powell et al. 2000; Melo, 2001).

Assim, todos esses condicionantes modificam o balanço hídrico nas cidades e dificultam a estimativa dos seus diferentes termos componentes. Além disso, alteram os caminhos da água precipitada e contaminam a água subterrânea.

### **Quantificação da Recarga Urbana**

Para quantificar a recarga difusa os métodos mais usados são: *Medidas diretas* (ex., infiltrômetro inundador de anel duplo ou simples, infiltrômetro de gaveta, etc); *Balanço hídrico* usando a equação  $(P-ETP+R_u) = I+R$ , numa bacia hidrográfica bem definida, para calcular o excesso de água  $(I+R)$ , sendo I a infiltração ou recarga e R o escoamento superficial direto; *Métodos baseados na lei de Darcy*: podem ser aplicados para fluxo na zona não saturada e para fluxo na zona saturada; *Métodos de traçadores* (balanço de cloretos, trício, CFC – clorofluorcarbono), ou simplesmente *balanço de solutos*; *Variações de nível da água subterrânea* e

*análise de fluxo restituído* em rios e riachos; *Modelagens numéricas*: na calibragem de um modelo numérico existe sempre forte correlação entre a recarga e a condutividade hidráulica.

Os métodos de balanço hídrico são hoje considerados de uso limitado (Simmers et al. 1997). São apenas bons indicadores para uma estimativa inicial da recarga. Não devem ser usados valores médios de precipitação ou de evapotranspiração, mas sim séries mais longas possíveis de dados disponíveis cobrindo muitos anos. Nunca se deve apresentar um único valor médio anual no resultado final de um estudo. Recomenda-se que sejam indicados valores de recarga com diferentes probabilidades (por ex.: 0.50, 0.80, 0.90, 0.95, 0.98, 0.99).

Atualmente os modelos numéricos (em uma, duas ou três dimensões) são os que melhor permitem avaliar em detalhe os efeitos das curvas de condutividade hidráulica e de retenção de água do solo sobre a recarga na zona não saturada. Essas curvas são obtidas através de métodos diretos e indiretos.

### **Vulnerabilidade dos Aquíferos**

A caracterização da vulnerabilidade dos aquíferos deve ser adaptada ao uso pretendido e até mesmo adaptada a condições locais. No planejamento ambiental, na gestão da água subterrânea, na identificação de atividades existentes potencialmente geradoras de contaminação e na implantação de novas atividades extrativas de água, é útil considerar diferentes tipos de avaliação de vulnerabilidade.

No planejamento da exploração de água mineral, na área da Grande Recife, por exemplo, recomenda-se a elaboração de mapas de vulnerabilidade na escala 1:50.000, usando dois conhecidos métodos qualitativos GOD e DRASTIC (Foster et al. 1988; Aller et al. 1987), e um método quantitativo aqui designado TA (Maxe & Johansson, 1998).

### **Risco de Contaminação**

As técnicas mais modernas de avaliação de risco de contaminação utilizam uma modelagem numérica estocástica – SIMULAÇÃO MODFLOW ESTOCÁSTICA – (SME). Ao invés de usar valores deterministas para os parâmetros (por exemplo, recarga, concentração de poluentes, condutividade hidráulica, etc) adota-se para os mesmos valores aleatórios. Ou seja, faz-se a randomização desses parâmetros, especificando para cada um deles a média, o desvio padrão, o mínimo e o máximo. Em seguida, roda-se o programa MT3DMS (modelo de transporte tridimensional multi - espécies) usando os resultados da SME. Faz-se finalmente uma Análise de Risco, determinando a probabilidade de que a concentração do poluente em estudo seja superior a um dado limite introduzido pelo usuário, para cada intervalo de tempo associado com o modelo.

Esse tipo de modelagem exige o conhecimento de um *cenário* composto no mínimo dos seguintes elementos: i) *local ou ponto de captação que se acha ameaçado, ou sob risco de contaminação*; ii) *tipo de contaminante*: por exemplo, nitratos, bactérias, vírus, fosfatos oriundos de

detergentes não biodegradáveis, produtos de petróleo, etc; iii) *local onde o contaminante está sendo produzido, de modo a permitir uma avaliação da distância, ao ponto ameaçado.*

Em escala de planejamento (por ex. 1:50.000) é preciso dispor de um mapa atualizado de qualidade da água do aquífero freático, mostrando se existem e como se distribuem eventuais plumas do contaminante em estudo.

## **O CASO DA GRANDE RECIFE**

A Grande Recife abrange os municípios de Recife, Camaragibe, São Lourenço da Mata, Olinda e Paulista, além de parte dos municípios de Jaboatão dos Guararapes de Abreu e Lima e de Igarassu. A área de interesse propriamente dita cobre uma superfície aproximada de 460 km<sup>2</sup> e nela a taxa de urbanização é da ordem de 100%. Procurou-se destacar a parte da Região Metropolitana do Recife onde se encontra a maioria dos poços existentes em exploração para abastecimento d'água e a maioria dos poços e fontes de água mineral.

### **Principais Estudos Anteriores e Qualidade dos Dados**

A região da Grande Recife tem sido objeto de estudos hidrogeológicos desde a década de 1960, sobretudo para abastecimento d'água. A partir da década de 1970, com a colaboração da SUDENE, esses estudos foram intensificados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) com a exploração de água subterrânea do aquífero Beberibe na região de Olinda. Nas décadas de 1980, 1990 e na atualidade, quase todos os estudos foram feitos com participação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), hoje Serviço Geológico do Brasil, além de empresas de consultoria.

No geral, esses estudos se caracterizam pela descontinuidade e pela falta de levantamentos sistemáticos de campo para obtenção de informação hidrogeológica confiável e atualizada. A falta de recursos financeiros tem obrigado a que a maioria dos estudos fique restrita à análise de dados existentes levantados principalmente nos arquivos das empresas de perfuração.

As lacunas e a inconsistência são as principais características da maioria da informação analisada nos estudos desenvolvidos a partir da década de 1980. Isso é o que se conclui da análise dos bancos de dados dos trabalhos mais importantes e das dificuldades relatadas, mesmo nos estudos mais recentes (por ex., Costa et. al 2002).

Nos últimos 20 a 25 anos a maioria dos estudos hidrogeológicos da região baseou-se em dados existentes já que não tem sido fácil contar com recursos para fazer pesquisa baseada em levantamentos de campo. Parece ter havido uma preocupação em cadastrar “todos” os poços e

levantar “todas” as informações hidrogeológicas disponíveis, nos órgãos municipais, estaduais e federais e nas empresas de perfuração conhecidas, etc.

Entende-se que essa idéia, em novos estudos da RMR, deve ser abolida. Em primeiro lugar porque os custos do levantamento de todos os poços em campo, não compensam e depois porque, a visita de campo não permite recuperar a informação hidrogeológica essencial, que é o perfil litológico e construtivo, quando ela não existe. No caso da Grande Recife os “sistemas de informação hidrogeológica” disponíveis em nível estadual e federal, inclusive daqueles disponibilizados na internet, possuem fortes lacunas e por isso não permitem um real avanço no conhecimento hidrogeológico dos aquíferos em exploração.

O cenário dos aquíferos em exploração muda constantemente. Por isso convém adotar para os trabalhos de campo a metodologia clássica, incluindo no levantamento apenas poços com informações que efetivamente possam agregar conhecimento hidrogeológico. Exige-se pelo menos: 1) Localização; 2) Profundidade; 3) nível estático; 4) nível dinâmico; 5) vazão; 6) topo e base dos filtros; 7) aquífero captado; 8) qualidade da água (ex., condutividade elétrica e/ou sólidos totais dissolvidos); 9) datas das medições de carga hidráulica e qualidade da água. Já para avaliar a oferta ou produção de água, é preciso contar, tanto quanto possível, com a colaboração de usuários de água subterrânea, selecionados dentre os condomínios cujos poços já estejam equipados com hidrômetros.

### **Demografia, Urbanização, Demandas e Uso da Água Subterrânea**

Segundo dados do IBGE (Censo 2000) 98,5 % da população de 3 milhões de habitantes da Grande Recife, se encontram na zona urbana. Atualmente a população é estimada em 3,5 milhões de habitantes, com tendência de alcançar 6 milhões de habitantes no ano 2050 se for mantido o ritmo de crescimento observado nos últimos 40 anos.

A água subterrânea é usada principalmente para abastecimento urbano e industrial e tem participação estimada na ordem de 15% no sistema de abastecimento administrado pela COMPESA. A maior parte da água subterrânea da região é explorada através de poços particulares e os volumes extraídos ainda são pouco conhecidos por falta de um trabalho mais sistemático de avaliação.

Quanto à exploração de água mineral a produção é de 1100 m<sup>3</sup>/h ou cerca de 26000 m<sup>3</sup>/d extraídos do sistema aquífero Barreiras – Beberibe. Existem 59 unidades de captação constituídas de: 6 fontes (40,5 m<sup>3</sup>/h); 8 poços com profundidade de (12 a 48m) e produção de 38,6 m<sup>3</sup>/h; 18 poços com profundidade de (50 a 90 m) e produção de 243,8 m<sup>3</sup>/h; 27 poços com profundidade de (100 a 246 m) e produção de 777,1 m<sup>3</sup>/h.

Os poços produtores de água mineral sofrem interferência de centenas de outros poços existentes na região que captam água subterrânea para abastecimento público e industrial, principalmente do aquífero Beberibe.

## Riscos de Poluição

Até o presente os estudos realizados revelam que os postos de combustível, lixões e cemitérios levantados na RMR se caracterizam apenas como fontes potenciais de poluição do aquífero freático. Todavia, não se sabe até que ponto essas fontes efetivamente poluem as águas do aquífero freático por falta de um programa de mapeamento da qualidade da água subterrânea pouco profunda, capaz de mostrar a distribuição espacial de eventuais plumas de contaminação. Admite-se que a contaminação mais provável seja por esgotos domésticos (basicamente nitrato oriundo de lixões) e também por hidrocarbonetos monoaromáticos (basicamente produtos da indústria de petróleo) oriundos dos postos de combustível e de lubrificantes, principalmente na Planície do Recife e em muito menor grau na região dos Tabuleiros de Barreiras, onde predominam as concessões de lavra de água mineral. Nessa área, os riachos litorâneos do Grupo de Bacias GL-1, se acham quase todos poluídos. Trata-se de uma ameaça preocupante à qualidade da água subterrânea das concessões de lavra em exploração e que exige permanente vigilância e controle.

## FISIOGRAFIA

O clima da RMR é do tipo Ams', quente e úmido, tropical litorâneo, com estiagem pouco pronunciada. O período chuvoso vai de março a agosto enquanto que a estiagem corresponde ao período de setembro a fevereiro. Segundo as Normais Climatológicas (1961 a 1990) a chuva média em Recife é de 2458 mm/ano, sendo a evapotranspiração real de 1390 mm/ano, o que confere um saldo positivo normal de 1068 mm/ano. Na parte norte da Grande Recife, ou seja, no domínio do Grupo de Bacias Litorâneas GL-1, a média anual de chuva é da ordem de 1600 mm.

O relevo da região é caracterizado pela ocorrência de 3 (três) unidades principais: i) *tabuleiros* costeiros, com cotas entre 40 m e 160 m; ii) *colinas* sublitorâneas, de pequena extensão, com topos arredondados e cotas entre 10 m e 40 m; iii) *planícies*, nos vales fluviais e ao longo da costa, com cotas inferiores a 10 m.

A maior parte da região é ocupada por solos da Formação Barreiras sobre a qual se desenvolve a classe Latossolo em estreita associação com os podzólicos, principalmente nos topos aplainados dos tabuleiros. Nas áreas de planície ocorrem solos tipo Gley indiferenciados.

A vegetação natural da região em sua maior parte é do tipo Floresta Atlântica existente sobre a Formação Barreiras. Ao longo dos anos foi parcialmente destruída para o cultivo de cana de açúcar e coco, para a implantação de loteamentos e para extração de madeira e lenha. Hoje em dia ainda subsistem alguns remanescentes de mata pertencentes a essa Floresta em diversos estágios de regeneração.

A rede hidrográfica envolve 3 (três) partes: O Grupo de Pequenas Bacias Litorâneas GL-1, na parte norte da Planície do Recife. O baixo curso do rio Capibaribe e do Rio Tegipió, na Planície do Recife. O Grupo de Pequenas Bacias Litorâneas GL-2, ao sul da Planície do Recife. O monitoramento que vem sendo conduzido pela CPRH em 39 bacias hidrográficas da RMR tem mostrado que em todas elas existe restrição ao uso das águas superficiais e que a qualidade da água varia de poluída a muito poluída.

## **GEOLOGIA**

A geologia da área de interesse é marcada pela bacia sedimentar costeira Pernambuco – Paraíba – Rio Grande do Norte. A estrutura geológica regional de direção leste-oeste conhecida como *Lineamento Pernambuco*, atravessa essa bacia na altura da Planície do Recife formando a *sub-bacia Cabo* no bloco sul e a *sub-bacia Olinda* no bloco norte, até a falha de Goiana (figura 1).

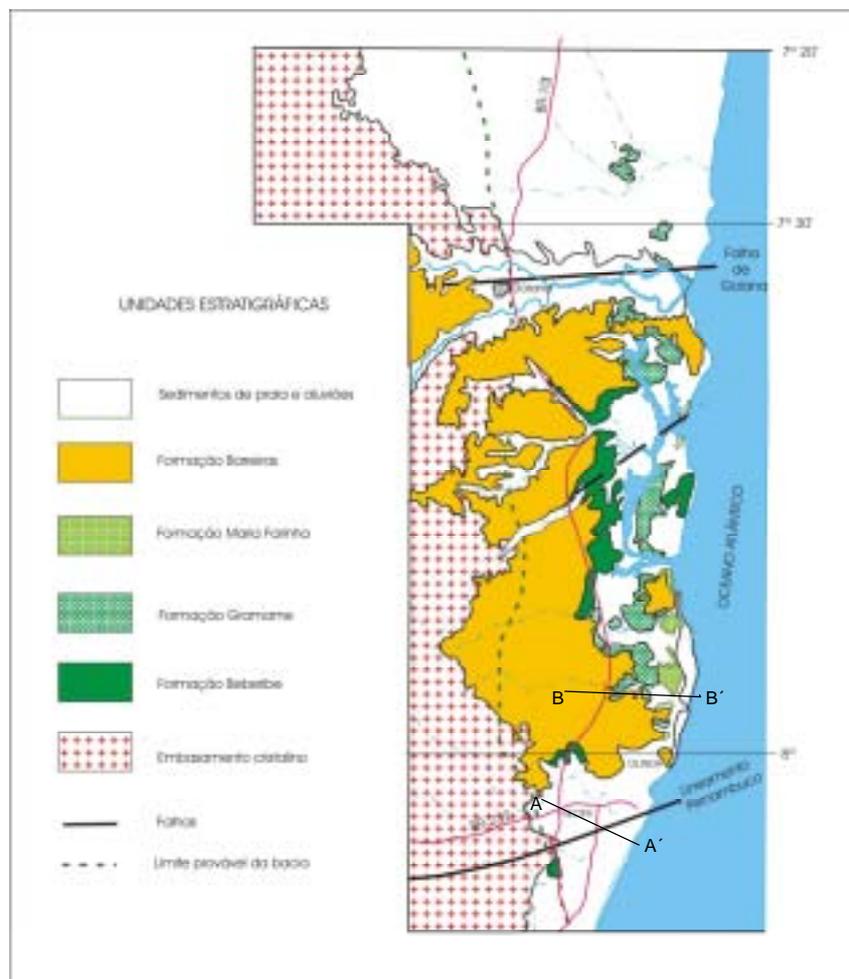
Na bacia sedimentar ocorrem as formações cretácicas, Beberibe e Cabo, nas respectivas sub-bacias de mesmo nome. A formação Beberibe é constituída de um membro inferior arenoso, e de um membro superior calcífero, que apresenta gradação para uma seqüência carbonática, composta pelas formações Gramame (do cretácio superior) e Maria Farinha (do Terciário Inferior). Essas formações são recobertas por depósitos Terciários da Formação Barreiras na região dos Tabuleiros litorâneos e por depósitos Quaternários na Planície do Recife e nos vales dos rios.

## **ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Na Planície do Recife, o sistema de água subterrânea é constituído de uma seqüência de camadas de areias de granulação diversa, variáveis de quase puras a siltosas e argilosas bem como de camadas de argilas, siltes, calcários e arenitos. Essas camadas se distribuem no espaço de forma descontínua e irregular formando um ambiente poroso heterogêneo que é interpretado regionalmente como um sistema aquífero semi-livre, localmente semi- confinado, denominado *Aquífero Recife* (figura 2- perfil AA´). O seu limite inferior é o embasamento cristalino impermeável e o limite superior é a superfície freática das águas subterrâneas da Planície do Recife, suposto de carga constante, já que o mesmo oscila com as marés.

Na zona norte do Recife, o sistema de água subterrânea é formado por um aquífero semi- confinado, denominado *Aquífero Beberibe Inferior* constituído de arenitos silicosos que repousam sobre o cristalino impermeável e que são limitados no topo por um aquitardo síltico – argiloso com espessura média da ordem de 10 m. Acima desse aquitardo existe um aquífero semi-livre a livre,

que engloba os arenitos calcíferos do membro Beberibe Superior, os carbonatos Gramame Maria Farinha e os sedimentos da Formação Barreiras (figura 2 – perfil BB´).

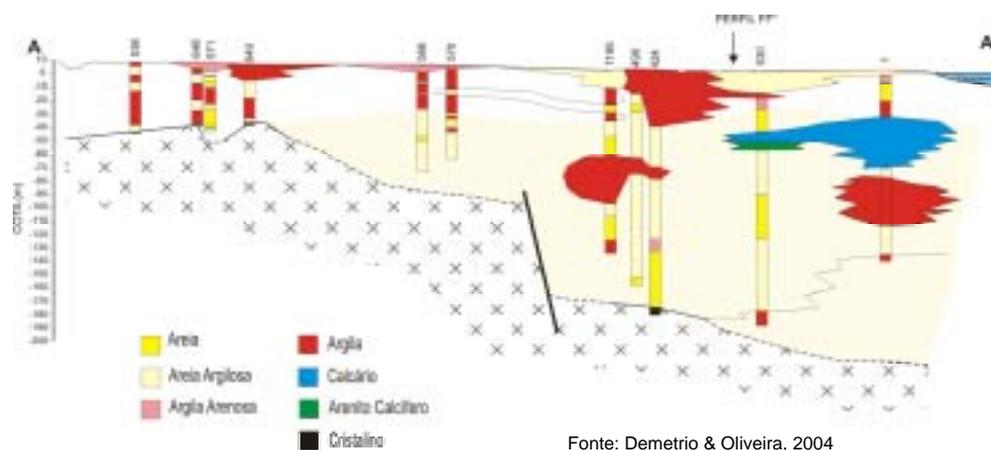


**Figura 1** – Sub-bacia Olinda entre o Lineamento Pernambuco e a falha de Goiana

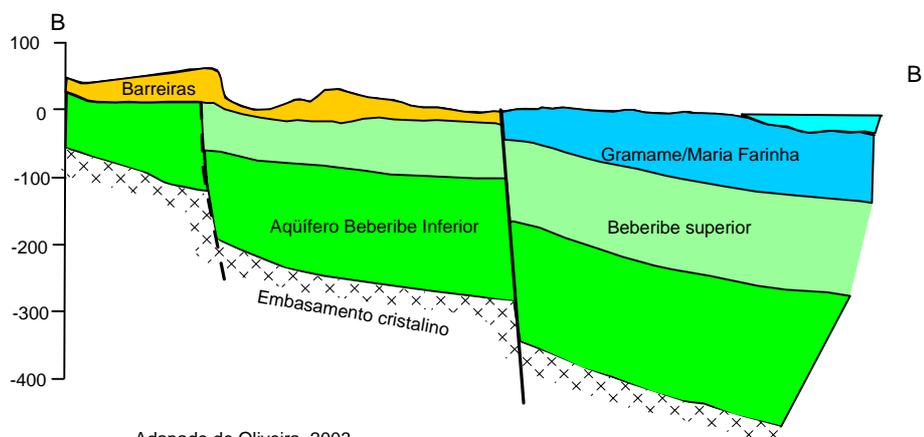
### Potencialidade e Disponibilidade dos Aquíferos

A potencialidade (soma da recarga natural mais 30% da reserva permanente em 50 anos), e a disponibilidade (quantidade extraída por poços), na RMR e na Grande Recife foram avaliadas por Costa et al. 1998; 2002. Por falta de maiores informações as estimativas encerram elevado grau de incerteza hidrogeológica e devem ser encaradas como inferências estabelecidas em favor da segurança.

O balanço entre potencialidade e disponibilidade (tabela 1) sugere um déficit de 55,12 Hm<sup>3</sup>/ano (1,75 m<sup>3</sup>/s), nos aquíferos da Planície do Recife; um superávit 17,98 Hm<sup>3</sup>/ano (0,57 m<sup>3</sup>/s) nos aquíferos da Planície de Jaboatão dos Guararapes; um déficit de 43,88 Hm<sup>3</sup>/ano (1,39 m<sup>3</sup>/s) no aquífero Beberibe Inferior em Olinda e um superávit de 15,17 Hm<sup>3</sup>/ano (0,48 m<sup>3</sup>/s) no aquífero Barreiras na região dos Tabuleiros.



Fonte: Demetrio & Oliveira, 2004



Adapado de Oliveira, 2003

**Figura 2** – Perfil AA': aquífero Recife na Planície do Recife; Perfil BB'- sistema aquífero da zona norte do Recife.

Mente & Cruz, 2001 apresentam um balanço sazonal de fluxo do aquífero Beberibe inferior usando modelagem numérica (MODFLOW) e supondo uma recarga sazonal de 100 mm. Os resultados indicam que em 1980 havia um excedente de  $5,48 \text{ Hm}^3/\text{ano}$  ( $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Em 2000, com o aumento da exploração, observa-se um déficit de  $25,6 \text{ Hm}^3/\text{ano}$  ( $0,81 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### Riscos de subsidência

Embora alguns estudos (Costa et al. 2002 op. cit) tenham chamado a atenção para o “**risco iminente de subsidência**” de terras na Planície do Recife, até hoje não há qualquer registro comprovado desse fenômeno. Isso condiz perfeitamente com o fato de que o nível freático na Planície se mantém próximo do nível do mar e do nível dos rios, canais e estuários que são invadidos pela maré. Por outro lado, em todas as partes do mundo os casos conhecidos de subsidências de terras decorrentes de exploração de água subterrânea estão normalmente ligados a expressivos rebaixamentos da superfície freática.

**Tabela 1** – Balanço entre potencialidade e disponibilidade de água subterrânea na Grande Recife (Costa et al. 2002).

Aqüífero	Recarga Hm3/ano	30% da reserva permanente em 50 anos Hm3/ano	Potencialidade Hm3/ano	Disponibilidade (Oferta) Hm3/ano	Número de poços	Fluxo Natural Hm3/ano	Balanço
<b>PLANÍCIE DO RECIFE</b>							
Beberibe	9,14	2,69	11,83	-64,04	1687	-7,49	-59,7
Cabo	5,35	0,88	6,23	-28,71	1478	-7,16	-29,64
Boa Viagem	28,7	2,69	31,39	-11,82	8094	-11,64	7,93
<b>Total</b>	<b>43,19</b>	<b>6,26</b>	<b>49,45</b>	<b>-104,57</b>	<b>11259</b>	<b>-26,29</b>	<b>-81,41</b>
<b>PLANÍCIE DE JABOATÃO DOS GUARAPES</b>							
Cabo	15,14	3,29	18,43	-14	426	-6	-1,57
Boa Viagem	14,2	2,35	16,55	-3	1800	-4	9,55
<b>Total</b>	<b>29,34</b>	<b>5,64</b>	<b>34,98</b>	<b>-17</b>	<b>2226</b>	<b>-10</b>	<b>7,98</b>
<b>OLINDA</b>							
Beberibe	<b>9,72</b>	<b>8,55</b>	<b>18,27</b>	<b>-62,15</b>	<b>178</b>	<b>-5,49</b>	<b>-49,37</b>
<b>TABULEIROS DE BARREIRAS</b>							
Barreiras	<b>19,38</b>	<b>1,31</b>	<b>20,69</b>	<b>-5,52</b>	<b>213</b>	<b>-19,38</b>	<b>-4,21</b>

### Qualidade das águas subterrâneas

Na Planície do Recife as águas subterrâneas são geralmente de boa qualidade para consumo. Na faixa costeira de Boa Viagem um monitoramento de 130 poços identificou “manchas salinas” descontínuas, mas não evidenciou presença de cunha salina (Montenegro et al. 2001). Além disso, observou-se que a salinidade em alguns poços apresenta uma variação sazonal, mesmo em poços com profundidades superiores a 100 m, o que sugere comunicação com o freático e recarga pontual acelerada por circulação vertical descendente induzida por gradientes hidráulicos verticais criados pelos bombeamentos.

## **PLANEJAMENTO E GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

### **Redução da incerteza hidrogeológica**

A modelagem dos aquíferos está sujeita a um considerável grau de incerteza hidrogeológica devido a erros inerentes à formulação dos modelos. A redução dessa incerteza é fundamental para a tomada de decisão na gestão baseada em modelos. Por isso é preciso fazer o confronto dos resultados do modelo com os dados observados, mediante modelagem inversa e modelagem de calibração. Ou seja, comparando os resultados do modelo com um conjunto independente de dados observados no campo.

Essas comparações geralmente são feitas (dentro de certo intervalo de erro) entre cargas hidráulicas medidas em poços de observação e entre descargas observadas em cursos de água superficial que interagem com o sistema de água subterrânea. O mesmo se aplica aos problemas de qualidade da água, comparando-se, por exemplo, a evolução de plumas de contaminação observadas com plumas calculadas.

É preciso, porém, dispor de dados históricos de descargas restituídas e de níveis da água subterrânea bem como de qualidade química da mesma, para que se possa levar a cabo a calibração e validação dos modelos.

### **Estudos Básicos para Planejamento na Grande Recife**

Recomenda-se no âmbito da gestão das águas subterrâneas um programa permanente de avaliação e controle dos aquíferos, começando com uma primeira etapa de 5 anos, durante a qual seriam introduzidas através do órgão gestor modificações rigorosas na metodologia de levantamento de dados.

Essas mudanças dizem respeito, em primeiro lugar, ao controle das perfurações executadas na região, cujos relatórios de conclusão precisam ser padronizados e enviados ao órgão gestor via internet pela empresas de perfuração.

Há anos não se realiza um estudo regional de longa duração com recursos suficientes para executar levantamentos hidrogeológicos nos moldes clássicos. O último parece ter sido aquele realizado pela OESA (1975) com recursos da SUDENE. Desde essa época não se conhecem mapas potenciométricos sazonais da região e nem foram construídos poços exploratórios. Hoje, mais do que nunca, um estudo dessa natureza precisa ser feito, inclusive com a perfuração de poços exploratórios onde necessários, para promover uma efetiva melhora no conhecimento dos limites e permeabilidades verticais do sistema aquífero.

Ênfase especial nesses estudos precisa ser consagrada à questão das relações entre água superficial e subterrânea e à caracterização das plumas de contaminação existentes no quadro

urbano (coisa impensável há 30 anos atrás). Sem identificá-las não será possível avaliar o nível de risco (probabilidade) de contaminação das captações existentes de água mineral e/ou de abastecimento público ou privado.

Os desafios previstos para o abastecimento de água na Região Metropolitana do Recife, nos próximos 30 anos devem ser ainda maiores do que os enfrentados até o presente. As demandas são crescentes e os recursos hídricos superficiais associados com a água subterrânea, estão contaminados por esgotos e resíduos industriais. Grande parte da região com vocação natural para áreas de proteção de mananciais no domínio dos tabuleiros da Formação Barreiras acha-se hoje ocupada por indústrias e população urbana de baixa renda.

### **Ampliação da Exploração do Aquífero Beberibe Inferior**

A exploração do aquífero Beberibe inferior está concentrada na região de Olinda – Paulista, mas é incipiente no restante da sub-bacia Olinda. Considerando que a falta de água continua sendo um grave problema na região, é necessário avaliar as possibilidades de ampliação da exploração atual. Isso pode ser feito perfurando poços produtores e piezômetros de controle e vigilância da exploração, monitorados por um período de 2 a 3 anos, em pontos estratégicos (que atendam necessidades de água em núcleos urbanos selecionados na região), para obtenção dos dados necessários à calibração de modelos numéricos do aquífero desenvolvidos nesse período. A viabilidade de uma exploração mais ampla do aquífero Beberibe inferior na sub-bacia Olinda pode ser investigada, conforme sugerem França & Capucci, 1978 op cit, com a construção de sistemas de poços distribuídos em três setores: i) setor oeste, com poços distantes do litoral e próximo da área de recarga; ii) setor central, com poços em posição intermediária; iii) setor leste, com poços litorâneos, situados a distâncias não inferiores a 1500 m da costa.

### **Recarga artificial dos Aquíferos**

A recarga artificial nos períodos de excesso, para recuperação nas épocas de estiagem está sendo cada vez mais adotada nos países em que os reservatórios subterrâneos já sofreram grandes rebaixamentos, principalmente nos níveis freáticos. Esse caminho provavelmente também deverá ser seguido no Brasil do futuro. Por isso, no caso da Grande Recife, não se pode pensar apenas no transporte de água superficial de grande distância. Outras alternativas precisam ser também estudadas com ampla antecedência. Na planície do Recife é preciso estudar a possibilidade de uso conjunto de grandes volumes de água subterrânea/superficial tirando proveito do rio Capibaribe, levando em conta os seguintes pontos básicos:

- Avaliar os custos do saneamento do rio Capibaribe, eliminando as suas atuais fontes de poluição e mantendo a poluição sob controle.

- Estudar a possibilidade de construção e avaliar os custos de uma comporta para impedir o avanço da maré no rio Capibaribe na altura da estação CB-95 da CPRH, na ponte da Av. Eng. Abdias de Carvalho, na Ilha do Retiro ao lado do Esporte Clube do Recife.
- Manter inalteradas as atuais condições de penetração das águas das marés nos estuários dos rios Tegipió, Jordão e Jiquiá para preservar o ambiente dos mangues nessas áreas, onde se sabe que o freático está contaminado por águas salgadas.
- A partir do momento em que o nível do freático sofresse rebaixamento significativo (criando riscos de subsidência), se poderia iniciar um processo de recarga artificial usando água tratada do próprio rio nas épocas de enchentes, para recuperação nas épocas de estiagem.

Na área de Boa Viagem até Piedade a uma distância aproximada de 0,5 a 1 km da costa seria preciso avaliar as possibilidades de recarga artificial mediante perfuração de poços exploratórios de grande diâmetro (por exemplo de 20”), com piezômetros, em pontos selecionados, para testes de injeção. O programa de emergência da COMPESA/75, realizado na referida área, mostrou que poços perfurados em diâmetro de 17” e equipados com filtros de apenas 6”, produzem vazões de 10 a 50 l/s, o que sugere a possibilidade de injeção de descargas no mínimo dessa ordem.

Um experimento de recarga torna-se necessário para avaliar as vazões máximas de injeção/extração dos poços e os custos da produção de água própria para injeção mediante tratamento, nas épocas de excedente hídrico.

## **GESTÃO INTEGRADA**

### **A Gestão das Águas Subterrâneas na Grande Recife**

A estrutura criada nos últimos anos para a gestão dos aquíferos na RMR se baseia na Lei Estadual 11.427/97, da Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas no Estado e no Decreto 20.423, de março de 1998. Esse Decreto, de regulamentação da referida Lei, prevê o controle das perfurações e a preservação da quantidade e qualidade da água subterrânea. Na prática o que vem acontecendo é uma tentativa de controlar a extração de água subterrânea que há décadas vem crescendo na Planície do Recife e que hoje se considera ter ultrapassado todos os limites. O desespero da população devido à falta de água não deixa outra alternativa senão a de perfurar um poço para o seu próprio abastecimento. Sem a água subterrânea obtida de poços individuais de baixa vazão disseminados por toda a planície do Recife e hoje estimados em 11259 (Costa et al. 2002 op. cit.) o preço pago pelo desenvolvimento da cidade teria sido muito maior, pois o abastecimento de água dos edifícios, prédios públicos, hospitais, clubes sociais, indústrias e o

comércio em geral teria que ser feito por caminhões pipa. Aliás, as empresas disque-água continuam prosperando e os seus caminhões pipa sendo vistos principalmente na área de Boa Viagem, onde hoje a simples perfuração de um poço já não é garantia segura de obtenção de água própria para consumo ou mesmo para uso doméstico, em muitos locais. O processo de salinização tende a ampliar-se à medida que novos poços são perfurados.

O órgão gestor (CPRH) está adotando medidas que visam reduzir o volume das extrações e que variam desde a redução das vazões em setores ameaçados de atingir “níveis dinâmicos excessivos”, até a interdição pura e simples da perfuração de novos poços em áreas julgadas esgotadas. Infelizmente são medidas tardias, geradoras de conflitos e que são injustificáveis, se não forem tomadas em paralelo com outras que contribuam para aumentar a oferta de água nos setores atingidos. Afinal a questão fundamental, que é o abastecimento regular de água, continua sem solução. O problema existe há décadas e tende a se agravar porque as demandas não param de crescer.

Há urgente necessidade de recursos para investir na perfuração de poços de emergência em zonas sem restrições, existentes na parte norte da planície do Recife, bem como em pesquisa e desenvolvimento da água subterrânea na região.

**A proteção dos aquíferos na RMR precisa ser feita em primeiro lugar, protegendo as águas superficiais e em segundo, administrando (mas não apenas limitando) a extração da água que é uma necessidade da sociedade.**

### **Superexploração de Aquíferos**

O termo *superexploração* de aquífero (Custódio, 2002) transformou-se em conceito usado para apontar os aspectos negativos do desenvolvimento da água subterrânea. Ele não está diretamente relacionado com o fato de ser a extração superior à recarga, embora seja freqüente a menção qualitativa da razão extração/recarga.

O rebaixamento progressivo dos níveis potenciométricos e a deterioração da qualidade da água, que resultam em um aumento do custo e em uma redução da disponibilidade, são os principais condicionantes usados para qualificar a superexploração. A percepção do estado de superexploração pode mudar e evoluir de acordo com o conhecimento, tecnologia, demandas hídricas e restrições sócio-políticas. Um rebaixamento persistente do nível da água subterrânea não é um critério seguro para decidir se a exploração é maior do que a recarga, assim como também não é o fato de haver deterioração da qualidade da água em alguns poços.

Efeitos transientes de longa duração podem ser importantes em aquíferos. Além disso, a recarga pode mudar com o desenvolvimento da exploração e a resposta do aquífero pode variar com a distribuição dos poços.

De acordo com o rigor das restrições técnicas impostas, qualquer desenvolvimento de água subterrânea pode ser considerado como *superexploração* e isso pode levar ao impedimento do uso de aquíferos através de instrumentos de ordem legal.

Se a exploração é regulamentada, o uso da água subterrânea produz um benefício que compensa os custos técnicos, econômicos e ambientais. Mas sempre haverá uma redução no armazenamento. Isto significa que alguma superexploração temporária do aquífero pode ser aceitável e até mesmo conveniente, desde que as suas características sejam conhecidas e os benefícios sociais sejam otimizados. Aí se inclui a consideração do quanto são aceitáveis ou passíveis de compensação os impactos ambientais. Não existe solução única para esse problema.

Na década de 1980 o conceito de “sustentabilidade” foi desenvolvido (WECD 1987) e está sendo aplicado ao uso da água subterrânea. O desenvolvimento sustentável de um recurso natural é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas necessidades. Todavia, as necessidades e tecnologias futuras são incertas, tanto quanto são alguns dos próprios recursos, como é o caso da água subterrânea. As suas características permitem e envolvem a utilização de parte das reservas (armazenadas) antes de um ajuste à taxa dos recursos renováveis.

O desenvolvimento sustentável é um conceito poderoso e dinâmico que precisa ser aprimorado e cujos princípios precisam ser convertidos em políticas realizáveis (Sophocleous 2000). De fato, os sucessos da água subterrânea do século vinte criaram problemas complexos de recursos hídricos em áreas específicas, cuja solução é o principal desafio do século vinte e um. Mas, segundo Lant 1999, as agências gestoras de água, as organizações técnicas e as regulamentações tecnológicas, ainda não estão preparadas para enfrentar esses problemas.

O uso intensivo da água subterrânea em muitas áreas, a crescente preocupação ambiental e a longa experiência com o desenvolvimento de aquíferos motiva hoje maior atenção aos aspectos negativos do desenvolvimento desse recurso. Há um sentimento de algo negativo a ser combatido (Custódio 2002 op. cit). A justificativa para isso é um grande número de situações mal definidas baseadas numa percepção de evolução negativa ou talvez irreversível, comungada por muitos. *Regime de exaustão e superexploração* são termos mal definidos e sem significado preciso usados a partir dos anos 1970 por muitos setores da sociedade, particularmente nas regiões áridas e semi-áridas. Em tais regiões a exploração de aquíferos costuma ser intensa, principalmente para irrigação e a simples interferência entre poços associada ao mau gerenciamento acaba sendo chamada de superexploração.

### **Recurso Explotável**

Para decidir a *questão fundamental*, isto é, que grau de “*superexploração do aquífero*” é aconselhável ou admissível, é preciso dispor de uma descrição atualizada e detalhada da exploração,

incluindo um monitoramento e uma modelagem do seu comportamento, no âmbito de um conjunto de objetivos e políticas estabelecidas por uma instituição gestora. Tudo isso com o envolvimento da própria sociedade através de pessoas interessadas na água subterrânea e respeitando questões ambientais e sociais.

Uma análise mais recente dessa questão (DuMars & Minier 2004) mostra que nos Estados Unidos os direitos da água se originaram como um bem público que depois se transformaram em direitos individuais de uso dos recursos públicos, em consonância com as necessidades de bem estar social e protegidos pela lei de propriedade.

Dentro da concepção de uma gestão sustentável o papel atual dos aquíferos está evoluindo para o de reservatórios de armazenamento de água reciclada, devendo ser utilizados dessa forma no futuro. O exercício de um controle permanente do processo de rebaixamento dos níveis de água dos aquíferos que afete os sistemas fluviais é fundamental para *construir uma capacidade institucional final* de planejamento, gestão e utilização dos recursos hídricos de uma maneira racional que ajuste a demanda atual e futura à realidade da escassez do suprimento.

A evolução dos conhecimentos técnicos para medir a capacidade dos aquíferos cresceu de maneira surpreendente nos últimos anos. Com o avanço da computação eletrônica a modelagem dos aquíferos tornou-se possível com a inclusão de um número cada vez maior de parâmetros. Os modelos são úteis na definição dos limites de produtividade dos aquíferos, na previsão da subsidência de terras, na avaliação de direções e velocidades de plumas de poluição. Além disso, permitem avaliar as taxas de rebaixamento em aquíferos intensamente explorados, e as conexões entre águas superficiais e aquíferos adjacentes, etc.

Por outro lado a capacitação de instituições para exercer uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos não se limita a reunir advogados para redigir leis, hidrólogos para fornecer respostas tecnológicas sobre impactos medidos e juizes para tomar decisões. Esses especialistas apenas fornecem os elementos necessários para que a sociedade decida de que modo (com que política) pretende garantir a sustentabilidade do suprimento hídrico.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] ALLER, L., BENNETT, T., LEHR, J. H., PETTY, R.J., & HACKETT G., 1987, DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings: NWWA/EPA Series, EPA-600/2-87-035.
- [2] COSTA, W.; MANOEL FILHO, J.; SANTOS, A. C.; MONTEIRO, A. B.; SOUZA, F. A. S.; LOPES, A. V. G. & SANTOS, A. J. C. 1998. Estudo hidrogeológico da região metropolitana do Recife – HIDROREC I. IDRC. UFPE.

- [3] COSTA, W. D.; COSTA, H. F.; FERREIRA, C. A.; MORAIS, J. F. S.; VILLA VERDE, E. R.; COSTA, L. B. & COSTA FILHO, W. D. 2002. Estudo hidrogeológico de Recife – Olinda – Camaragibe – Jaboatão dos Guararapes – HIDROREC II. SRH/PE, ANA, PROÁGUA.
- [4] CUSTÓDIO, E. 2002. Aquifer overexploitation: what does it mean? *Hydrogeology Journal*.10:254-277.
- [5] DEMETRIO, J. G. A. & OLIVEIRA, L. T. 2004. Estudo de vulnerabilidade e proposta de proteção de aquíferos na faixa costeira norte de Pernambuco. FADE/UFPE/CPRH.(no prelo).
- [6] DRANGERT, J. O. & CRONIN, A. A. 2004. Use and abuse of the urban groundwater resource: Implications for a new management strategy. *Hydrogeology Journal* 12:94-102.
- [7] DuMARS C. T. & MINIER, J. D. 2004. The evolution of groundwater rights and groundwater management in New Mexico and the western United States. *Hydrogeology Journal*. 12:40-51.
- [8] FOSTER, S.S.D; HIRATA, R.C. & ROCHA, G A 1988– Riscos de poluição da água subterrânea: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. São Paulo. *Anais ...*175-185.
- [9] FRANÇA, E. P. M. & CAPUCCI, E.B. 1978. Diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea do aquífero Beberibe. Área de Olinda-Paulista-Itamaracá.
- [10] LANT, C. 1999. Human dimensions of watershed of watershed management. *J. Am. Water Resources Assoc.* 35(3):483.
- [11] LAWRENCE, A. R. et al.1994. Impact of urbanisation on groundwater: Hat Yai, Thailand. Tech. Rep. WC/94/43. British Geological Survey, Keyworth.
- [12] MAXE, L. & JOHANSSON, P. 1998. Assessing groundwater vulnerability using travel time and specific surface area as indicators. *Hydrogeology Journal* 6:441-449.
- [13] MELO, J. G. 2001. Águas subterrâneas em ambientes urbanos – o caso da cidade de Natal – RN. IV SIMP. HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE. 121-130.
- [14] MENTE, A. & CRUZ, W. B. 2001. Estudo de áreas de proteção de fontes de águas minerais da região norte do Recife, Estado de Pernambuco. IV SIMP. HIDROG. NORDESTE. 327-336.
- [15] MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; CABRAL, J. J. S. P.; DEMETRIO, J. G.; MANOEL FILHO, J.; LIMA, E. S.; OLIVEIRA, E. M. & PAIVE, A. 2001. Monitoramento da salinidade no aquífero Cabo, na região costeira da Planície do Recife (PE). IV SIMP. HIDROG. NORDESE. 477-485.
- [16] OESA –Organização e Engenharia S. A. 1975. Estudos de reconhecimento e estudos hidrogeológicos para aproveitamento integrado. Região centro leste da Bacia Potiguar e Bacias costeiras da Paraíba e Pernambuco. SUDENT/CONESP.

- [17] OLIVEIRA, L. T. 2003. Aspectos hidrogeológicos da região costeira norte de Pernambuco – Paulista a Goiana. (Dissertação de mestrado). Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco.
- [18] OMS & UNICEF 2000. Global water supply and sanitation assesment. 2000 Report. World Health Organization, United Nations Children´s Fund.
- [19] POWELL, K. L.; TELLAM, J. H.; BARRET, M. H.; PEDLEY, S.; STAGG, K.; GRESWELL, R. B. & RIVETT, M. O. 2000. Optimisation of a new method for detection of viruses in groundwater. Report to the Environment Agency, U. K. National Groundwater and Contaminated Land Center Project NC/99/40.
- [20] SIEMMERS, I.; HENDRICKX, J. M. H; KRUSEMAN, G. P. & RUSHTON, K. R. 1997 – Recharge of phreatic aquifers in (Semi -) arid areas. A. A. Balkema /Rotterdam/Brookfield. [www.balkema.nl](http://www.balkema.nl). 277p.
- [21] SOPHOCLEUS, M. 2000. From safe yield to sustainable development of water resources – The Kansas experience. Journal of Hydrology 235:27-43.
- [22] WCED 1987. Our common future. World Commission on Environment and Development (Bruntland Commission). Oxford Univ. Press, N. 4.