

MONITORAMENTO DOS AQUÍFEROS BARREIRAS E BEBERIBE EM PARTE DA REGIÃO METROPOLITANA NORTE DO RECIFE

Alípio Agra Lima¹; José Augusto Vieira Filho²; José Robinson Alcoforado Dantas³; Marcos Antônio de Holanda Tavares⁴

RESUMO

A Região Metropolitana do Recife(PE) constitui-se em importante distrito produtor/consumidor de Águas Minerais (75% da produção estadual/altíssimo consumo *per capita*). É da maior importância social, porquanto fundamental para a Saúde Pública, mercê de históricos problemas quantitativos/qualitativos de abastecimento público enfrentados pela RMR. A localização de captações de Água Mineral em áreas próximas e até já inseridas na urbanização e em aquíferos intensamente utilizados para vários outros fins (abastecimento público, condominiais, industriais) levou o DNPM-PE a iniciar monitoramentos de rebaixamentos de níveis, de volumes captados e contaminantes, no resguardo do estratégico recurso natural e da saúde pública. As captações alvo (70 poços tubulares profundos/32 empresas) situam-se em área de 180km², na RMR, em aquíferos regionais Barreiras e Beberibe. A participação das Águas Minerais é irrisória (inferior a 0,6 %) no total explotado dos recursos hídricos subterrâneos na RMR. Foram observados rebaixamentos de níveis bem menores que os previstos em outros trabalhos e até recuperações nos Aquíferos Barreiras (Aldeia) e no Beberibe (oeste), embora em áreas de mais intensa exploração já ocorram rebaixamentos importantes. Teores crescentes de Nitratos já foram detectados em áreas mais próximas da urbanização. Ações públicas integradas e política específica de enfrentamento da questão são sugeridas.

ABSTRACT

The metropolitan region of the city of Recife (MRR), State of Pernambuco, northeastern Brazil, has an important Mineral Water bottling industry, responsible for 75% of the production of the State. It is also the region with the highest consumption of Mineral Water and consequently a relatively high *per capita* consumption as a result of chronic problems with quality/quantity of water supplied by local governmental company, named COMPESA. The localization of wells for mineral water production in areas near and also inside urban centers associated with exploitation from aquifers submitted to intense exploration for several uses led National Department of Mineral Production in Pernambuco – DNPM/PE – to develop a survey of water consumption, level lowering and contamination of water-bearings exploited by the Mineral Water industry in order to protect groundwater resources and the health of the population. Seventy wells from 32 Mineral Water bottling companies and others situated in an area of approximately 180km² in the MRR were surveyed with regard to the parameters above mentioned. Mineral Water industry share in the amount of exploited (aquifers) water-bearings in MRR is insignificant (0,6%). Lowering of levels of water-bearings were observed but in a smaller degree than those predicted by other authors. Few zones of recovery were observed, however in other zones evidence of future problems were noticed. Concerning to pollution and contamination, increasing Nitrates levels were observed in areas next to urban centers. Management and specific policy from public organisms and agencies are suggested in order to prevent and deal with the problem.

PALAVRAS CHAVE

Monitoramento, Aquíferos, RMR do Recife-PE

¹ Eng^o de Minas e Hidrogeólogo do DNPM-PE, Estrada do Arraial, 3824, Casa Amarela, cep 52.070-230, Recife-PE; telefone: (81)4009-5477; e-mail: alipioagra2004@yahoo.com.br.

² Geólogo do DNPM-PE; e-mail: javf2004@yahoo.com.br.

³ Geólogo do DNPM-PE; e-mail: jradantas 2004@yahoo.com.br.

⁴ Eng^o de Minas do DNPM-PE; e-mail: marcosholanda2@yahoo.com.br.

1 - INTRODUÇÃO

Diferentemente do que se imagina popularmente, as Águas Minerais não são engarrafadas a partir de fontes cristalinas jorrantes, ou cachoeiras que brotam e correm sobre rochas, em meio a frondosas matas virgens. Na Região Metropolitana do Recife - RMR (e de resto em todo Estado), as Águas Minerais, em quase sua totalidade (em mais de 95% dos casos) são captadas (explotadas, extraídas) a partir de poços tubulares profundos (30 a 200 metros de profundidade e diâmetros de revestimentos de 4,5 a 8 polegadas, em PVC aditivado), cujas construções têm que seguir determinadas normas técnicas de segurança em relação a contaminações externas e dos próprios materiais constitutivos dos poços. Mesmo as pouquíssimas fontes (surgências) explotadas constituem-se em sistemas de captações que por construção têm que ser isoladas/protegidas do ambiente externo e das contaminações dos entornos próximos e afastados. Na verdade, toda Água Mineral é captada de forma fechada, ou seja, sem contato da água captada com o ambiente externo.

As empresas de Água Mineral situadas na área objeto do presente trabalho operam 75 poços tubulares. Enquanto isto, Costa et al (2004), cita que no município de Recife existem mais de 5.000 poços tubulares profundos (acima de 20 metros) em funcionamento e estima, para a Região Metropolitana do Recife, a existência de mais de 15.000 poços entre rasos e profundos.

Os engarrafamentos/captações de Água Mineral da RMR encontram-se *grosso modo* distribuídos em faixa situada ao norte do Recife, limitada entre a referida capital e o município do Paulista, abrangendo as localidades de Aldeia, Macaxeira, Nova Descoberta, Sítio do Pica-pau Amarelo e redondezas, Paratibe e Beberibe), ostentando grandes áreas ainda pouco urbanizadas e ainda apresentando considerável e até exuberante cobertura vegetal ainda em significativa extensão, estando conseqüentemente menos sujeita a contaminações dos aquíferos. Hoje, em todo o estado de Pernambuco existem 56 (cincoenta e seis) Concessões de Lavra de Água Mineral, incluindo uma caduca. Do total das áreas, 27 (*vinte e sete*) encontram-se com seus poços em monitoramento, constituindo-se em verdadeiro distrito produtor de Águas Minerais, responsável por 75% da produção comercializada no Estado.

Dois grandes aquíferos são responsáveis pelo abastecimento das unidades engarrafadoras de Águas Minerais na área estudada/monitorada: o Aquífero Barreiras, explotado em menor proporção por indústrias instaladas em Aldeia (é um aquífero de caráter regional, estendendo-se do Pará ao Espírito Santo), e o Aquífero Beberibe (que se estende do Recife à fronteira da Paraíba com o Rio Grande do Norte), de onde se abastece a grande maioria das indústrias do segmento das Águas Minerais, na faixa já informada que vai do Recife a Paulista. Os referidos aquíferos, especificamente dentro da área do trabalho (monitoramento), são alvos de outros aproveitamentos, ou seja, industriais, agropecuários (granjas), residenciais/condominiais, empresas fornecedoras a partir de caminhões-pipas e consideravelmente por parte da COMPESA (Companhia Pernambucana

de Saneamento), que tem duas importantes baterias de poços tubulares encravadas no Aquífero Beberibe, em meio a engarrafamentos de Águas Minerais.

Convém ressaltar que na RMR as captações de águas subterrâneas correspondentes às indústrias de Águas Minerais respondem irrisoriamente por menos de 2,5% em relação à COMPESA, que produz na ordem de 1,5 a 2 m³/s, constituindo-se, por outro lado, a primeira destinação em uma utilização mais nobre, ou seja, unicamente ingestão humana.

2 - CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE MONITORAMENTO

2.1 - Localização

A área objeto do presente trabalho encontra-se localizada na Região Litoral/Mata do Estado de Pernambuco, compreendendo parte da Região Metropolitana Norte de Recife, que inclui *parte* dos municípios de Camaragibe, Olinda, Paudalho, Paulista e Recife cobrindo uma área de 180 km², limitada pelas coordenadas 274.000mE e 292.000mE e 9.114.000mN e 9.124.000mN (Figuras 1 e 2).



Figura 1 - Mapa de Localização da Área Monitorada no Estado de Pernambuco

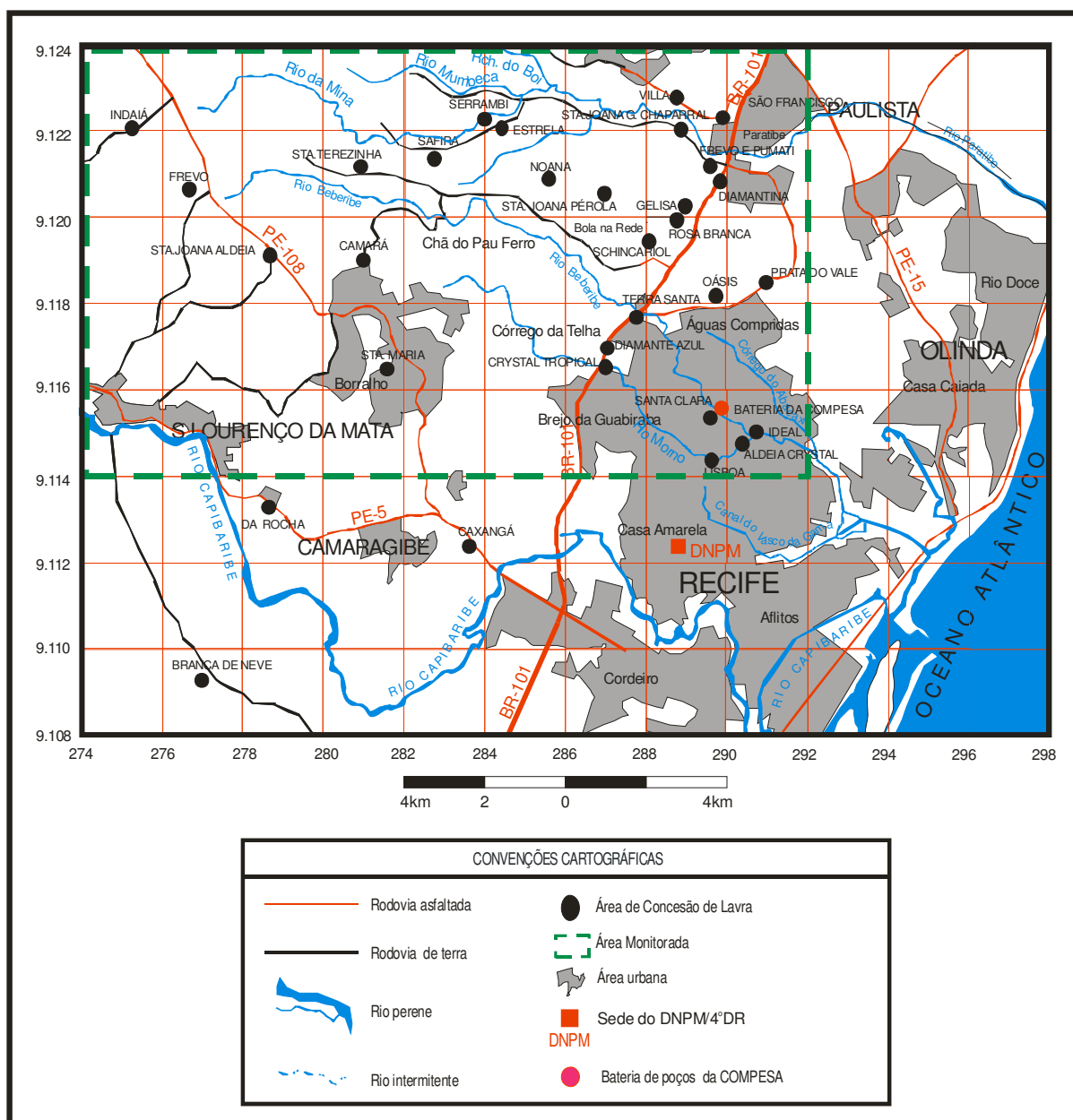


Figura 2 - Mapa de Localização das Áreas com Concessão de Lavra para Água Mineral em Parte da Região Metropolitana Norte de Recife

2.2 - Distribuição da População

A distribuição da população por município *em parte* da Região Metropolitana do Recife é mostrada na tabela 1.

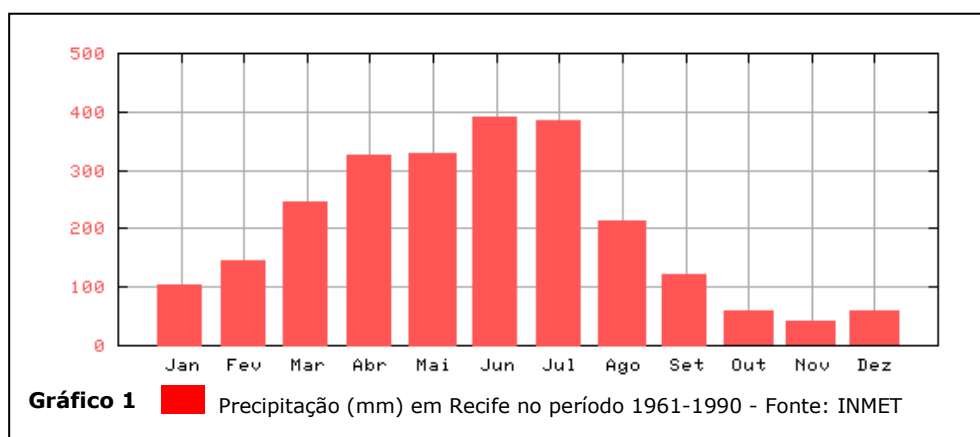
Tabela 1. – População por Município em parte da Região Metropolitana do Recife.

Município	População	Área (Km ²)
Camaragibe	147.056	55
Olinda	384.510	44
Paudalho	48.603	278
Paulista	294.030	94
Recife	1.501.008	217
Total	2.375.207	688

Como pode-se observar, esse número de habitantes é grande e representa um cenário preocupante que implica em um grande desafio na gestão de aquíferos e no planejamento da possibilidade de uso dos mesmos, como parte da solução do problema de abastecimento de água.

2.3 - Distribuição das Chuvas

Na região, a série histórica do período de 1961 a 1990 mostra que as chuvas são abundantes, com médias mensais de 200 mm e anuais acima de 2.400 mm, apresentando o seguinte comportamento: um período chuvoso que se estende de março a agosto, com precipitações máximas em junho e julho, e o outro de estiagem, no período de setembro a fevereiro, com mínimas nos meses de novembro e dezembro (gráfico 1).



Há uma forte correlação entre a precipitação e o consumo de Água Mineral. Nos períodos de estiagem aumenta sensivelmente o consumo do produto, que nos períodos de chuvas cai consideravelmente.

3 - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DA ÁREA

3.1 - Geologia Regional

Geologicamente a área em estudo encontra-se inserida na Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, na qual são reconhecidos dois segmentos distintos limitados por falhamentos transcorrentes que constituem o Lineamento Pernambuco, que, por sua vez passa na altura da antiga Fábrica do Rum Bacardi, no bairro do Pina, e se propaga para o interior do Estado no sentido leste/oeste, seguindo em direção a Floresta e Parnamirim (PE) e Paulistana, no Piauí. No segmento situado ao norte do Lineamento, encontra-se instalada a Bacia Sedimentar Recife-João Pessoa, enquanto que ao sul afloram as unidades litoestratigráficas representativas da Bacia Vulcano Sedimentar do Cabo, que em virtude de não fazer parte do contexto do trabalho ora apresentado não será aqui abordada.

3.1.1 - Bacia Sedimentar Recife-João Pessoa

Estende-se desde Recife até o vale do Rio Camaratuba, ao norte de João Pessoa e, segundo Mabesoone & Alheiros (1991), compreende três segmentos distintos: Sub-bacias de Olinda, Alhandra e Miriri, separadas, respectivamente, pelas falhas de Goiana e Itabaiana/ Pilar.

O pacote sedimentar que a representa repousa sobre as unidades do embasamento pré-cambriano relacionadas ao Terreno Rio Capibaribe, mergulhando suavemente para leste, mostrando um padrão homoclinal. A seqüência litoestratigráfica aí presente inclui, da base para o topo, sedimentos continentais (Formação Beberibe) e marinhos (Formações Gramame e Maria Farinha) de idade cretáceo-paleocênica, reunidos por Beurlen (1967) no Grupo Paraíba. Abstraindo-se as coberturas cenozóicas, todo este pacote apresenta uma largura média em torno de 25 km, e uma espessura máxima que pode atingir 700 metros.

Formação Beberibe: é constituída de arenitos médios a finos, friáveis cinzentos a creme, mal selecionados, contendo algum componente argiloso. Leitos conglomeráticos e níveis argilosos podem ser reconhecidos na base da seqüência. Esta formação inclui dois membros distintos: Beberibe Inferior e Beberibe Superior. É datada do Cretáceo (do Santoniano-Campaniano ao Maastrichiano).

O Beberibe Inferior inclui uma seqüência arenosa, com espessura média estimada em 180 m, alcançando valores que podem atingir até 250 m, na zona litorânea entre Olinda e Itamaracá. A área de afloramento é estimada em 200 Km², estendendo-se entre os rios Paratibe e Itapirema. Lateralmente se interdigitam com um arenito mais compacto, com cimento carbonático, inicialmente chamado de Formação Itamaracá de Kegel, e, posteriormente consagrado como membro Beberibe Superior.

Formação Gramame, com cerca de 400m de espessura, sendo constituída pelos calcários margosos que afloram no vale do rio homônimo, na Paraíba. Na sua conceituação atual compreende três fácies distintas: calcarenitos e calcários arenosos muito fossilíferos (gastrópodes, cefalópodes, lamelibrânquios, equinodermos, dentes e escamas de peixe), interdigitados com fosforitos, na base e calcários biomicríticos argilosos com as fácies, fosfática e marinha plena, no topo. Aquele conteúdo fossilífero confere-lhe uma idade cretácica (maastrichtiana).

Formação Maria Farinha, datada do Paleoceno (Terciário), encerra a seqüência sedimentar da Bacia Recife/João Pessoa, sendo constituída de calcários detríticos cinzentos a creme com intercalações de níveis de argila que, em direção ao topo, tornam-se mais arenosos e mais magnesianos, até se tornarem dolomíticos. Sua espessura máxima estimada é de 35 metros e a sua fauna é representada por gastrópodes, lamelibrânquios, equidermos, evidenciando um ambiente de sedimentação marinho pouco profundo e relativamente próximo à costa.

A Figura 3 mostra com mais detalhe o segmento mais meridional da bacia ora descrita, onde se concentram as áreas de Concessão de Lavra para Água Mineral na parte norte da Região Metropolitana do Recife.

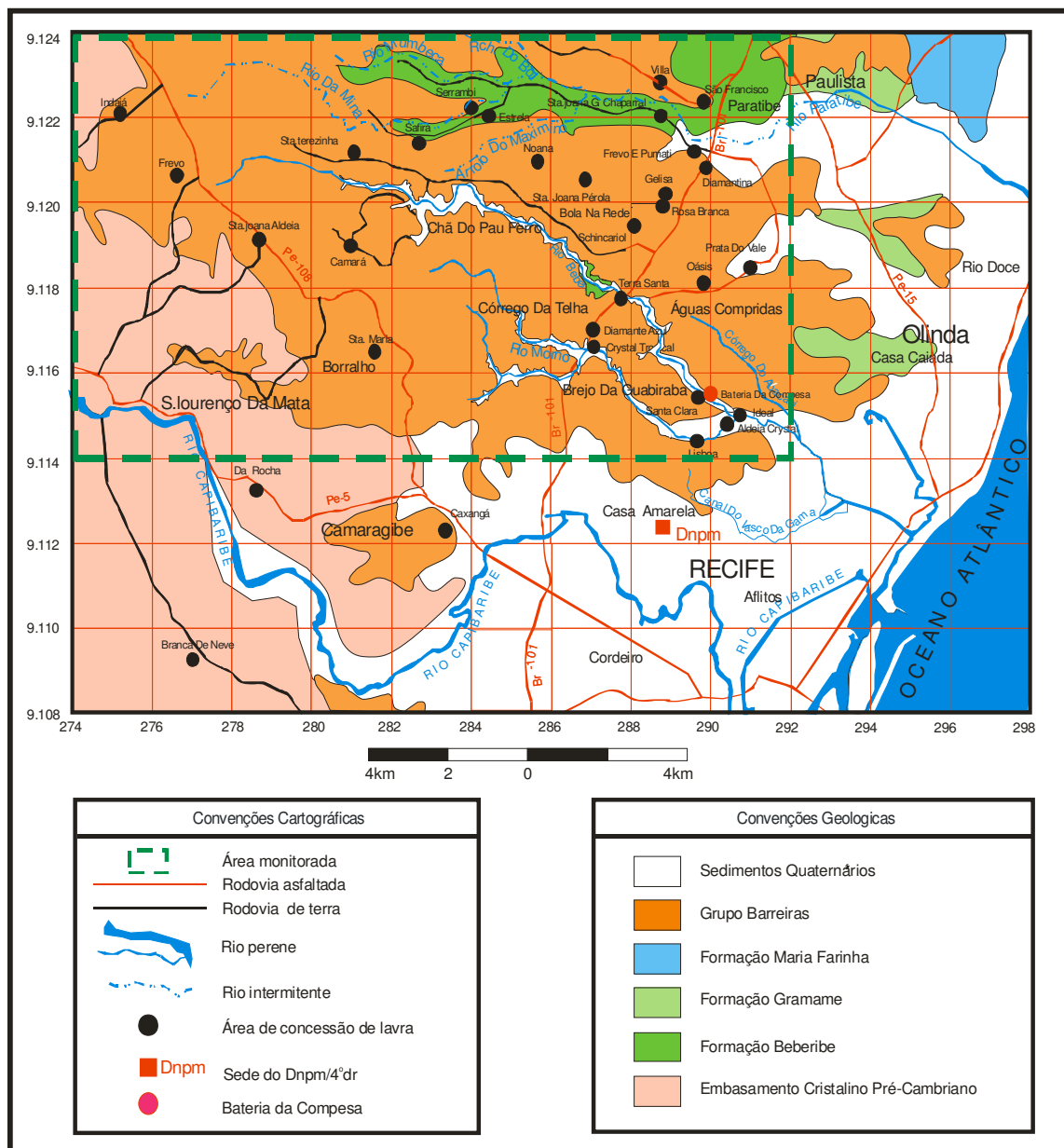


Figura 3 - Mapa Geológico da Parte Meridional da Bacia Sedimentar Recife / João Pessoa

3.1.2 - Coberturas Cenozóicas

Coberturas Tércio-Quaternárias

Estas coberturas, que ocorrem em várias regiões do Estado (do Alto Sertão até a faixa litorânea), encontra-se representada pelos depósitos Tércio-Quaternários do Grupo Barreiras e pelas coberturas elúvio-colúviais arenosas, areno-argilosas e argilo-arenosas, além das coberturas lateríticas presentes, principalmente, na região de Brejinhos, nos limites com o Estado da Paraíba (Serra da Piedade e Cariris Velho) em uma cota média de 800 metros de altitude.

Dentre elas merecem destaque o **Grupo Barreiras** presente na Região Litoral / Mata que, segundo Dantas (1980), foi introduzido por Branner em 1902 para definir as “*camadas variegadas que afloram nas diversas barreiras ao longo da costa*”. Esta unidade foi gradualmente assumindo um sentido estratigráfico, tendo sido formalizado por Kegel em 1957. Sua seção tipo, descrita por Coutinho (1971), encontra-se localizada no histórico Morro dos Guararapes, na qual pode ser distinguida, do topo para base, a seguinte seqüência sedimentar (in Dantas, 1980):

Descrição Litológica	Espessura (m)
11) Sedimento siltico-argiloso, cor roxa bem clara	1,40
10) Sedimento siltico-argiloso, cor amarelada	0,30
9) Sedimento siltico-argiloso, cor vermelha	1,20
8) Areia argilosa de aspecto homogêneo, seleção boa, coloração vermelho amarelada	0,90
7) Areia arcoseana, coloração amarelo esbranquiçada	1,20
6) Areia siltica vermelha	1,40
5) Areia pouco grosseira, coloração vermelho-viva, com caulim	2,80
4) Horizonte de seixos angulosos de quartzo	0,05
3) Areia quartzosa - arcoseana, de coloração roxa intensa, com seixos; ocorre às vezes sob a forma de lentes; apresentam contato irregular	2,30
2) Areia amarela, com pequenos seixos de quartzo, sem caulim, sem estratificação	1,20
1) Arenito vermelho grosseiro, com camadas de caulim de espessura 0,2m, conferindo um aspecto bastante estratificado	
Base não visível”	

Coberturas Quaternárias

As coberturas quaternárias, distribuídas, na sua maior parte, na região costeira do Estado, tanto nos tabuleiros, como nas planícies flúvio-lacustre, são representadas por depósitos terrígenos (areias, argilas, cascalhos e conglomerados), por turfas, mangues (areia fina, silte, argila e restos orgânicos) e pelos recifes de coral e sedimentos de praia.

4 - CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Em *parte* da região norte do Recife, foco deste trabalho, podem ser caracterizados três aquíferos a saber:

- Aquífero Beberibe, que ocorre na região centro-norte do Recife e que é formado pelos arenitos da Formação Beberibe, repousando sobre o embasamento cristalino e em grande parte recoberto pelo Aquífero Barreiras. Em pequenas faixas é recoberto por sedimentos quaternários (aluviões) e em outras aflora. Admite-se a sua separação em dois aquíferos denominados Beberibe Inferior, de arenitos silicosos e Beberibe Superior, de arenitos calcíferos. Entre eles, pode ocorrer uma camada argilosa ou siltica de espessura variável com média de 10 metros. O Aquífero Beberibe regionalmente, a partir do Lineamento Pernambuco – falha transcorrente de direção E–W que passa mais ou menos pela planície do Recife – limita-se ao sul com o Aquífero Cabo e ao norte estende-se por toda a faixa costeira, atravessando quase todo o estado da Paraíba, chegando próximo ao estado do Rio Grande do Norte. Na direção Leste, estende-se

na plataforma continental, por sob o Oceano Atlântico, e a Oeste o aquífero limita-se com o falhamento normal que ocorre segundo a direção N-S. O comportamento hidrodinâmico do Aquífero Beberibe Inferior é de semi-confinado e do Aquífero Beberibe Superior é semi-livre (Manoel Filho, J., 2004). Em linhas gerais, há um aumento de espessura nos sentidos de sul para norte e de oeste para leste. Os poços perfurados e com filtros apenas no Aquífero Beberibe Superior possuem água com dureza elevada em função dos arenitos calcíferos, apesar de apresentarem maior produtividade.

- Aquífero Barreiras, da formação geológica de mesmo nome, que encobre quase todo o Aquífero Beberibe, onde regionalmente ocorre ao longo da costa, desde o Estado do Pará até o Estado do Espírito Santo. Na maioria das ocorrências dessa formação, a morfologia é de tabuleiros contínuos de grande extensão. Uma outra forma de ocorrência é de chãs ou em morros, de amplitude reduzida e descontínua, como ocorre na região de Aldeia, no município de Camaragibe. O aquífero é caracterizado por uma alternância de camadas bem estratificadas ou com estratificação incipiente, de constituição arenosa, argilosa ou siltosa, com ocasionais níveis de seixos. Cores variegadas com tonalidades de amarelo, roxo e vermelho são características dessa formação (Costa et al., 2003). O comportamento hidrodinâmico do Aquífero Barreiras é do tipo livre e eventualmente semi-confinado (Manoel Filho, J., 2004). Na região objeto deste trabalho, os poços perfurados e com filtros apenas no Aquífero Barreiras possuem água de boa qualidade e de menor quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos quando comparado com o Aquífero Beberibe. Por outro lado, neste último aquífero, os poços apresentam maior produtividade. A espessura da Formação Barreiras pode atingir em torno de setenta metros de profundidade.
- Aquífero Fissural, representado pelas rochas fraturadas do embasamento cristalino. Não possuem, em geral, porosidade e permeabilidade primária, ou intergranulares, sendo essas características de natureza secundária, resultante de aberturas provocadas por deformações rupturais do tipo fenda ou fissuras (sem movimentos) ou falhas (com movimento de blocos). É heterogêneo e anisotrópico. A presença de regolito capeando as rochas nesse domínio é decorrente do clima mais chuvoso e úmido, que favorece o intemperismo químico da rocha, provocando a sua decomposição com a conseqüente formação do manto de intemperismo e que pode alcançar até 30 metros de espessura. Esse manto eluvial é constituído principalmente por argilas, que possuem boa porosidade e baixa permeabilidade, dificultando a recarga do aquífero fissural sotoposto (Costa et al., 2003). Na área objeto deste trabalho, esse tipo de aquífero aflora na região ocidental. Não há poço com aproveitamento para Água Mineral na área de afloramento. Apenas dois poços da empresa Indaiá, que possuem filtros no Aquífero Barreiras, captam água também do Aquífero Fissural.

5 - MONITORAMENTOS

O trabalho de monitoramento que vem sendo desenvolvido pelo 4º Distrito do DNPM-MME, teve a primeira etapa de campo realizada exatamente no dia 13 de abril de 2001. Hoje, estão sendo monitorados na área do presente trabalho 70 (setenta) *poços de produção* instalados em 27 áreas com Concessões de Lavra, duas áreas com Requerimentos de Lavra, uma área com Desmembramento de Concessão de Lavra e duas empresas que comercializam água em caminhões-pipas, totalizando 32 (trinta e duas) empresas. Convém salientar que estas 32 empresas (uma em caducidade) estão bem distribuídas espacialmente na área em estudo, conforme mostra a figura 3 acima, e que em todos os poços foram realizados testes de bombeamento, com a fiscalização do DNPM. Os mesmos possuem perfil construtivo e litológico, como também coordenadas geográficas.

5.1 - Monitoramento dos Volumes Explotados

Metodologia: Leitura direta em hidrômetros por ocasião das vistorias de fiscalização realizadas pelo DNPM, que ocorrem rotineiramente pelo menos duas vezes por ano em cada empresa. O DNPM, tendo em vista o que determina a Portaria nº 222, de 28 de julho de 1997, determina a instalação de hidrômetros nos poços e antes das máquinas enchedoras. Boa parte das empresas em monitoramento encontra-se em produção e com hidrômetros instalados, tanto nos poços como também antes das linhas de envase. No ano de 2005, foram feitas duas leituras, uma no dia 29.09.05 e a segunda no dia 1º.11.05. Ressalta-se, que este é um dos períodos de mais alto consumo de Águas Minerais.

Das 56 empresas de água mineral com Concessão de Lavra (uma caduca) no Estado de Pernambuco, 36 encontram-se dentro da Região Metropolitana do Recife. Apenas dez empresas engarrafadoras estão fora da área aqui enfocada, embora situadas na RMR (estão localizadas no Ibura, Curado, Muribeca dos Prazeres, Gaibu, Caxangá, Camaragibe, Campo Grande, Olinda, Paudalho e Paulista) (tabela 2). As empresas relacionadas nos campos hachurados encontram-se em monitoramento.

Das 32 empresas em monitoramento, 30 estão voltadas para Água Mineral (26 Concessões de Lavra, dois Requerimentos de Lavra, um Desmembramento de Concessão de Lavra e uma em caducidade) e duas comercializam água em caminhões-pipa. Das empresas de Água Mineral, 22 encontram-se em produção; quatro encontram-se paralisadas, com suspensão autorizada; duas encontram-se em implantação; uma em desmembramento e uma desativada (caduca). Das 22 empresas de Água Mineral em produção, dezesseis encontram-se com hidrômetros instalados e em perfeito estado de conservação. Das sete restantes, seis apresentaram problemas com os

equipamentos referidos (Prata do Vale, Santa Clara, Indaiá, Schincariol, Gelisa e São Francisco) e uma teve o título de lavra caducado (Serrambi).

Tabela 2. – Concessões de Lavra no Estado de Pernambuco.

Município	Marca de Fantasia	Empresa	DNPM	T. Lavra	Situação	Captação
Abreu e Lima	São Francisco	Águas de São Francisco Ltda.	840.085/98	365/02	Em produção	Poço
Água Preta	Da Ilha	Água Mineral e Gelo da Ilha Ltda.	840.059/99	158/02	Em produção	Poço
Altinho	Viva	Vitória Água Viva – ME	840.000/02	286/04	Em produção	Poço
Barra de Guabiraba	Acqua Rara	José Onofre de Souza Filho – ME	841.058/95	385/01	Suspensa	Fonte
Barra de Guabiraba	Lustral	Ind. Várzea Alegre de Águas Minerais Ltda.	840.121/99	364/01	Em produção	Fonte
Barra de Guabiraba	Igara	Água Mineral Igara Ltda.	840054/03	257/04	Em produção	Poço
Barreiros	Nova Aurora	Galdino & Filhos Ltda.	841.071/95	286/99	Em produção	Fonte
Bonito	Bonito	Água Mineral Natural Bonito Ltda. - ME	840.060/99	41/02	Em produção	Fonte
Cabo	Sto. Agostinho	José Piancó de Lima – ME	840.054/97	441/99	Em produção	Poço
Camaragibe/Recife	Aquaklares	Camará Águas Ltda. – ME	840.147/96	537/02	Suspensa	Poço
Camaragibe	Da Rocha	Parisi Agro Industrial Ltda.	840.094/00	39/02	Em produção	Poço
Camaragibe	Sta. Teresinha	Água Mineral Santa Teresinha Ltda.	840.043/98	446/00	Suspensa	Poço
Camaragibe	Frevo	Frevo Brasil Ind. de Bebidas Ltda.	840.172/94	155/98	Em produção	Poço
Camaragibe	Santa Joana	Incobal Ind. e Com. Bebidas Alimentos Ltda.	840.369/87	7.895/91	Em produção	Poço
Caruaru	Vale da Serra	Eginaldo Alves Aragão – ME	840.071/98	30/2003	Em produção	Fonte
Caruaru	Vitale	Mineração Palestina	809.884/69	74.387/74	Em produção	Poço
Custódia	Sabá	Empresa de Mineração Sabá	806.963/70	81.484/78	Interditada	Fonte
Escada		Hidromineral Alegria Ltda.	840.065/99	59/2001	Suspensa	Fonte
Garanhuns	Serra Branca	Água Mineral Serra Branca S/A	004.776/46	33.416/53	Em produção	Poço
Garanhuns	São Luiz	Água Mineral São Luiz	812.867/72	1.038/81	Em produção	Poço
Garanhuns	Garanhuns	Garanhuns Refrigerantes Ltda.	840.243/88	461/92	Interditada	Poço
Garanhuns	Serrana	Zélia Giselda Miranda Marcos (F.I.)	840.296/81	52/88	Interditada	Poço
Gravatá	Real	Empresa Água Mineral Real	840.073/83	1.757/85	Suspensa	Poço e Fonte
Gravatá	Gravatá	Água Mineral Gravatá Ind. e Com. Ltda.	840.124/97	279/99	Tramita Caducidade	Fonte
Ibimirim	Mandacaru	CCA Comercial Correia Alencar Ltda.	840.075/00	132/02	Em produção	Poço jorrante
Jaboatão	Branca de Neve	Mineração Branca de Neve	840.020/85	106/94	Em produção	Poço
Jaboatão	Cristalina/Sta Joana	Água Mineral Alpina Ltda.	840.227/92	202/96	Em produção	Fonte e Poço
Olinda	Santa Mônica	Raimundo da Fonte Indústria e Comércio	807.401/77	08/80	Interditada	Poço
Paranatama	Cristal Plus	Indústria de Mineração Paranatama	840.116/94	131/96	Em produção	Poço
Paudalho	Indaiá	Indaiá Brasil Águas Minerais	840.106/80	1.770/80	Em produção	Fonte e Poço
Paudalho	São Severino	Envasadora São Severino do Ramo	840.030/01	13/2005	Suspensa	Poço
Paulista	Estrela	Água Mineral Estrela – ME	840.052/00	138/04	Em produção	Poço
Paulista	Santa Joana	Incobal Ind. e Com. Bebidas Alimentos Ltda.	840.001/96	118/98	Em produção	Poço
Paulista	Prata do Vale	Leda G. da Fonseca (Firma Individual)	840.011/94	304/95	Em produção	Poço
Paulista	Safira Mineral	Safira Mineral Indústria e Comércio Ltda.	840.039/97	176/99	Em produção	Poço
Paulista	Serrambi/Sta Joana	Mineradora Serrambi Ltda.	840.230/92	348/94	Caduca	Poço jorrante
Paulista	Santa Joana	Pérola Águas Minerais Ltda.	840.305/92	410/94	Em produção	Poço
Paulista	Alternativa	Empresa de Mineração Alternativa Ltda.	840.893/95	380/97	Interditada	Poço
Paulista	Diamantina	Diamantina Mineração Ind. e Com. Ltda	840.141/99	255/01	Em produção	Poço
Paulista	Rosa Branca II	Rosa Clementina de Araújo - M.E.	840.002/98	543/01	Suspensa	Poço
Paulista	Villa	ARD Comércio e Indústria Ltda.	840.091/99	139/02	Em produção	Poço
Recife	Schincariol	Schincariol	840.088/94	597/98	Em produção	Poço
Recife	Diamante Azul	Inds. Reunidas de Plástico e Mineração S/A	840.046/99	140/02	Em produção	Poço
Recife	Terra Santa	Pedrosa de Melo e Cia. Ltda	840.133/96	138/02	Em produção	Poço
Recife	Santa Clara	Águas Minerais Santa Clara	006.328/45	66.709/70	Em produção	Poço
Recife	Noana/Vitória Régia	Noana Mineração Indústria e Comércio	801.860/77	1.886/80	Em produção	Fonte e Poço
Recife	Naturale/Aldeia Cristal	Mineradora Canhotinho Ltda.	840.024/94	43/99	Em produção	Poço
Recife	Santa Joana	Fortcreto Comércio Ltda	840.034/97	389/99	Suspensa	Poço
Recife	Crystal Tropical	Crystal Mineral Indústria e Comércio	840.105/96	264/97	Em produção	Poço
Recife	Rosa Branca	Rosa Clementina de Araújo - M.E.	840.131/97	180/99	Em produção	Poço
Recife	Gelisa	Água Mineral Gelisa Ltda	840.337/92	23/97	Em produção	Poço
Recife	Caxangá	Mineração Alto Caxangá	840.528/89	168/95	Em produção	Poço
Recife	Diamante Azul	Inds. Reunidas de Plástico e Mineração S/A	840.003/98	115/00	Suspensa	Poço
Recife	Lisboa	Água Mineral Lisboa Ltda	840.035/95	272/01	Em produção	Poço
Recife	Vidda	Água Mineral Diamante Ltda	840.100/99	239/02	Em produção	Poço
São Benedito do Sul	São Benedito	Agro Mineração Moura Ltda.	006.197/47	61.208/67	Em produção	Fonte

Fonte: DNPM/PE. Atualizado até 23.12.2005

A produção total dos poços em 31 (trinta e um) dias, no período de 29.09 a 01.11.2005, na área monitorada, foi a seguinte:

Tabela 3 – Produção explotado por empresa

Empresa	Número de Poços	m ³ em 31 dias	m ³ por dia
Crystal Tropical	3	9.259,1	299
VILLA	1	(58dias) 16.251	280
Santa Joana (Aldeia)	4	6.124,2	198
Diamante Azul	1	6.036,2	195

Frevo (Pipa) Viz. Abel	1	6.026	195
Noana	1	5.147,5	166
Diamantina	1	4.344,8	140
Aldeia Cristal	1	2.849,9	92
Safira	1	2.653,3	86
Lisboa	1	2.178,2	70
Santa Joana (Perola)	2	2.045,4	66
Santa Joana (Pica Pau)	4	1.552,7	50
Frevo (Aldeia)	4	1.423,80	46
VIDDA	1	1.414,7	46
Estrela	1	1.025,6	33
Rosa Branca	1	865,1	28
Terra Santa	1	391,0	13

Com base nos dados da tabela 3, e se estimando os volumes explotados pelas empresas Prata do Vale, Santa Clara, Indaiá, Schincariol, Gelisa e São Francisco da ordem de 900 m³/dia, a produção explotada dos poços de Água Mineral na área em foco, considerando um período em alta, não deve atingir, seguramente, a casa dos 3.000 m³/dia ($3,5 \times 10^{-2}$ m³/s). Salienta-se que há uma forte correlação entre o consumo de águas minerais e as chuvas na região (ver Gráfico 1, acima). Estabelecendo-se uma comparação com a COMPESA, que, na Região Metropolitana do Recife, possui em torno de 150 poços, e que explota um volume que varia da ordem de 1,5 a 2,0 m³/s, a indústria das Águas Minerais explota tão somente um volume correspondente inferior a 2,5 %.

Por outro lado, segundo (Costa, W.D.,2004), a Região Metropolitana do Recife vem consumindo cerca de 6 m³/s de água subterrânea, englobando a COMPESA, particulares e indústrias. Se assim for, a exploração de água mineral é irrisória, com uma participação inferior a 0,6%.

5.2 - Monitoramento de Nível Estático

Metodologia: Para a obtenção deste parâmetro, todas as empresas envolvidas são oficialmente informadas com antecedência pelo DNPM, que fornece orientações e determina a paralisação de todos os poços de propriedade de cada empresa, durante 30 (trinta) horas contínuas, em um mesmo período englobando um fim-de-semana (Sexta, Sábado e Domingo). No ano de 2005, foram realizadas duas campanhas: Uma no mês de abril e a outra no mês de outubro.

Com respeito aos rebaixamentos de níveis de água dos poços, diferentemente do que alguns estudiosos pensavam, o Aquífero Barreiras, em Aldeia, não se encontra em regime de exaustão. Muito pelo contrário, nos últimos sete anos apresentou recuperação. Semelhantemente, nas vizinhanças da área da empresa Vidda (Aquífero Barreiras/Cabo), e São Francisco (Aquífero Beberibe), nos últimos cinco anos, houve uma leve recuperação dos níveis. Na área da Prata do Vale (Aquífero Barreiras), nos últimos dez (10) anos, os níveis praticamente não sofreram nenhum rebaixamento. Em situação também confortável encontra-se a região (Aquífero Beberibe Inferior) onde estão localizadas as áreas das empresas Safira, Serrambi, Diamantina, Rosa Branca II, Estrela, Noana e Pérola. Na referida região, nos últimos seis anos, a taxa média anual de rebaixamento não

chegou a meio (0,5) metro, tendo ocorrido em outros locais até recuperação, como nos casos das empresas Serrambi e Diamantina.

Nas vizinhanças das empresas Rosa Branca, Frevo (pipa), Gelisa e Pumati, a taxa média anual de rebaixamento, nos últimos seis anos não chegou a atingir um (1) metro ao ano. Nas vizinhanças da área da empresa Lisboa, nos últimos 17 anos, a taxa anual foi inferior a 1,50 m.

Por outro lado, nas vizinhanças das empresas Crystal Tropical, Diamante Azul, Euro Pedrosa, Oásis e ARD, a taxa média anual dos rebaixamentos, nos últimos seis anos chegou próximo dos dois (2) metros ao ano.

Já as áreas da Schincariol, Santa Clara e Santa Joana (Chaparral) apresentam um cenário que necessita maior atenção: nos últimos seis anos, a taxa média anual de rebaixamento encontra-se um pouco acima de 2 metros ao ano.

Nos gráficos a seguir (1,2,3,4,5,6) – *evolução dos níveis* – a expressão tipo 4,0 / 2,0 (2), representa um rebaixamento total de 4 metros, com taxa anual de 2 metros, em 2 anos.

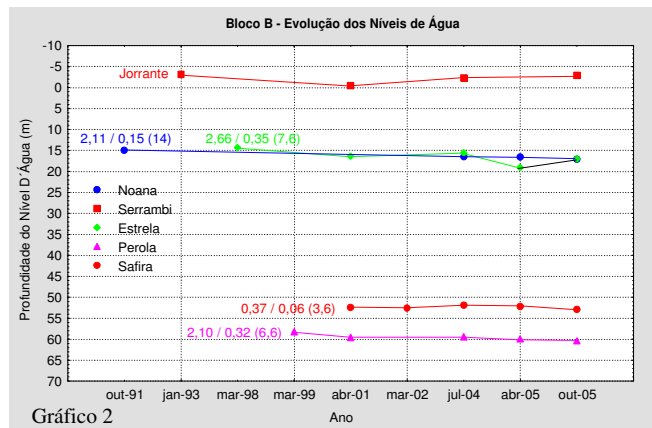
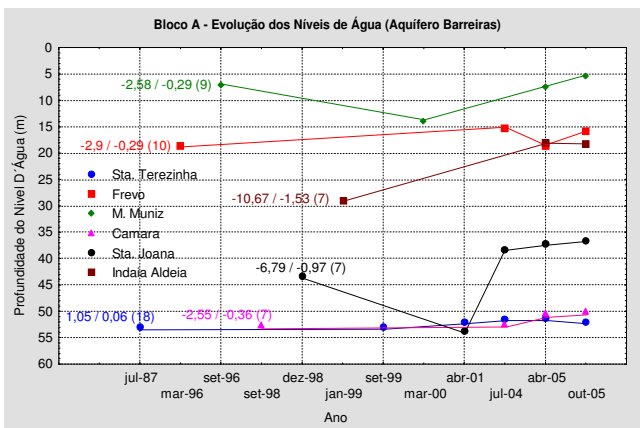


Gráfico 2

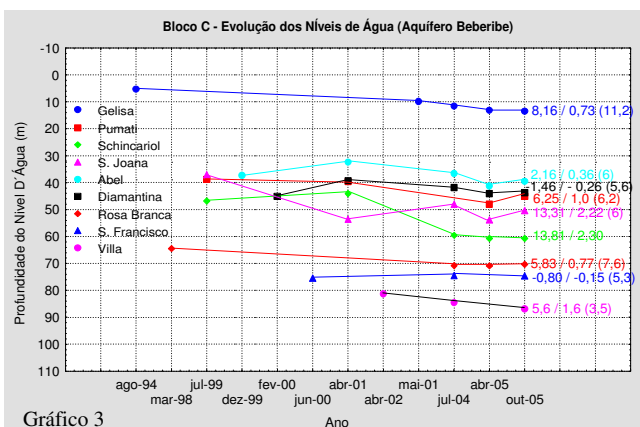


Gráfico 3

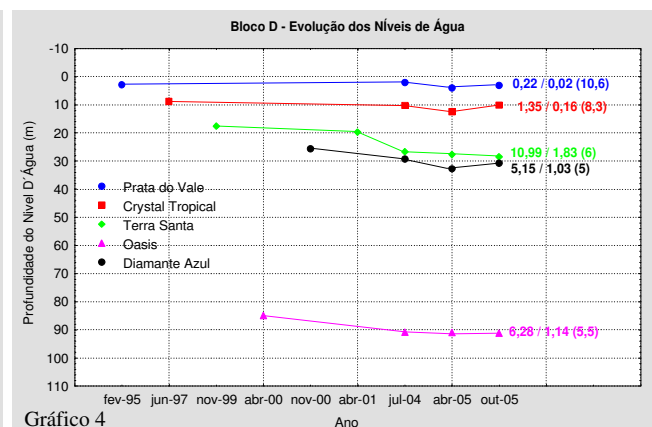
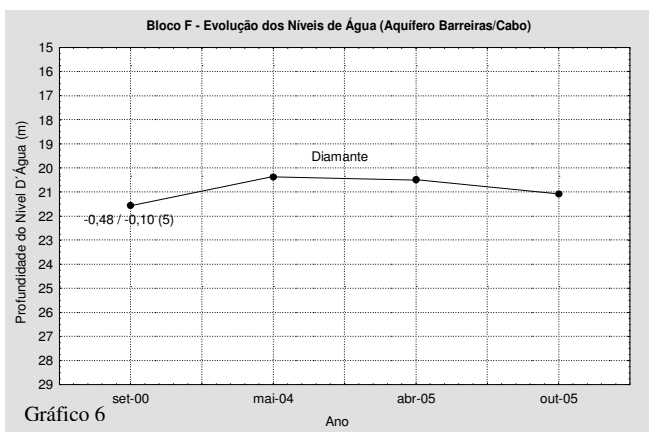
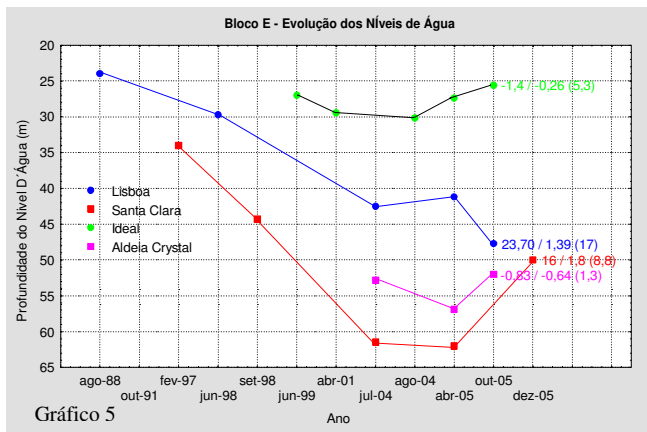


Gráfico 4



Percebe-se que a situação acima referida ainda não se assemelha ao panorama instalado ao sul da área aqui em estudo, distando não mais de 5 km, também no aqüífero Beberibe, nas redondezas da cidade do Recife, particularmente nos bairros dos Aflitos e Espinheiro. Na citada área, os níveis da água do poço no Edifício Regina Helena, no período de 1995/2000, rebaixaram mais de 30 (trinta) metros (de 32 para 65 metros), com uma taxa de 6m/ano, Costa, W.D.2004. Este quadro certamente foi influenciado pela grande estiagem ocorrida nos anos de 1998 e 1999. Dados mais recentes, do período de 2000/2005, revelam um quadro menos desconfortável, com os níveis da água rebaixados agora na ordem de 10 (dez) metros (de 65 para 75 metros), com uma taxa de 2m/ano.

Muito embora se possa considerar que a área aqui enfocada encontra-se em situação “confortável”, vale lembrar as últimas avaliações de Balanço de Fluxo dos aqüíferos na RMR. Monte & Cruz (2001), efetuaram um balanço de fluxo através de simulação numérica (MODFLOW), em uma área delimitada pelas coordenadas UTM 9.108.000 a 9.134.000 mN e 274.000 a 300.000 mE (a área do trabalho aqui enfocada encontra-se inserida na citada). Os autores referidos avaliaram para o ano de 2000 um *deficit* de água do aqüífero Beberibe Inferior da ordem de 70.000 m³/dia (0,8 m³/s) e concluíram: “que a continuar o ritmo de crescimento das extrações de água, os rebaixamentos tendem a crescer com conseqüentes riscos de deterioração da qualidade da água”; e que “não há condições de estimar com segurança as disponibilidades (ofertas, descarga explotável ou outorgável) de água, com o atual conhecimento dos limites e permeabilidades verticais dos sistemas aqüíferos”. Costa et all.(2004) apresenta um balanço hidrológico do aqüífero Beberibe, na Planície do Recife, também inserida da RMR, com um saldo negativo (*deficit*) de 1,98 m³/s.

Apesar de se constatar avaliações diferentes nos dois balanços, possivelmente motivadas por condições de contorno, é inegável a existência do aprofundamento dos níveis de água subterrânea ao longo dos anos, embora isto seja inerente ao processo de extração de água em qualquer aqüífero.

Na Região Metropolitana do Recife, a água subterrânea é usada principalmente para abastecimento urbano e industrial e tem participação estimada da ordem de 15% no sistema de abastecimento administrado pela COMPESA. Por outro lado, a maior parte da água subterrânea é explorada por meio de poços particulares e os volumes extraídos ainda não são conhecidos por falta de um estudo sistemático de monitoramento.

Desta forma, faz-se necessário o estabelecimento de medidas efetivas por parte dos órgãos fiscalizadores, no sentido de disciplinar as outorgas para água. No referido contexto, é imprescindível sair dos conhecimentos apenas estimados.

De qualquer modo, o que se pretende registrar é que o DNPM está atento e se antecipando a prováveis problemas, procedendo por ora os referidos monitoramentos, buscando balizamentos para futuros enfrentamentos da questão conjuntamente com outros órgãos e entidades envolvidas com a questão da conservação e disciplinamento do uso dos recursos hídricos. Em primeiro lugar, para proteger os aquíferos da RMR, deve-se proteger as águas superficiais e em seguida, implementar efetivamente medidas de reutilização das águas, redução nos desperdícios e recarga artificial.

5.3 - Monitoramento de Nitrato (N)

Metodologia: Amostragem em cada poço de produção com frequência anual. Na campanha de 2005, a grande maioria das amostras de água foi coletada por um só laboratório (ITEP) com o acompanhamento de um técnico do DNPM, durante dois dias do mês de outubro. Os custos das análises foram pagos pelas empresas, enquanto os deslocamentos foram custeados pelo DNPM.

As determinações dos valores dos Nitratos foram feitas por método analítico, com o uso de cromatógrafo de íons, marca METROM, e ajustado para uma precisão de até 1,1 mg/l, em (N). Foram coletadas amostras em 29 (vinte e nove) empresas correspondentes a 52 (cinquenta e dois) poços.

As águas de **27** poços apresentam valores do Nitrato em (N) abaixo de 1,1mg/l (limite de detecção do aparelho/método); **11** poços apresentam valores acima de 1,1mg/l e menor ou igual a 2,0 mg/l; **7** poços apresentam valores acima de 2,0 mg/l e menor ou igual a 3,0 mg; **3** poços apresentam valores acima de 3,0 mg/l e menor ou igual a 4,0 mg; **2** poços apresentam valores acima de 4,0 mg/l e menor ou igual a 6,0 mg; e **2** poços apresentam valores acima de 6,0 mg/l e menor ou igual a 14,0 mg.

Com relação aos teores do Nitrato, as séries históricas existentes comprovam que a área de Aldeia (aquífero Barreiras), especificamente nos arredores das empresas Santa Joana, Indaiá, Santa Terezinha e Maria Muniz, apresenta valores em crescimento, muito embora ainda baixos, semelhantemente ao que ocorre nas vizinhanças da empresa Prata do Vale (Aqüífero Barreiras).

Também nos arredores da empresa Água Mineral Diamante (VIDDA) (Aqüífero Barreiras/Cabo), os referidos teores são crescentes, em níveis que podem ser considerados como

moderados a altos. Em maior intensidade, encontram-se já bem afetadas as águas das vizinhanças das empresas Lisboa e principalmente Água Ideal (caminhão-pipa), ambas no Aquífero Beberibe .

Já se encontra *contaminada* (imprópria para o consumo humano) a água do poço denominado SAÚDE 2 da empresa Mineradora Canhotinho - Aldeia Cristal, que capta água de terrenos quaternários (aluvião). A água deste poço vem sendo utilizada apenas nas pré-lavagens e lavagens dos garrafões, sem riscos para os consumidores (o enxágüe final é realizado exclusivamente com Água Mineral de outro poço da empresa).

Conforme se pode observar, o processo de poluição por Nitratos vem ocorrendo com a drenança vertical descendente do aquífero Barreiras para o aquífero sotoposto Beberibe. A sua origem é por vazamentos resultantes de filtrações de fossas, de redes de esgotos e fertilizantes à base de NPK. Todos estas formas encontram-se presentes na localidade de Aldeia (Aquífero Barreiras).

Nos gráficos a seguir (7,8,9,10,11,12) – *evolução dos nitratos* – a expressão tipo A3(40,2) 1,5, representa :A3= empresa amostrada; (40,2)= valor de Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l) e 1,5= valor de Nitratos em (N).

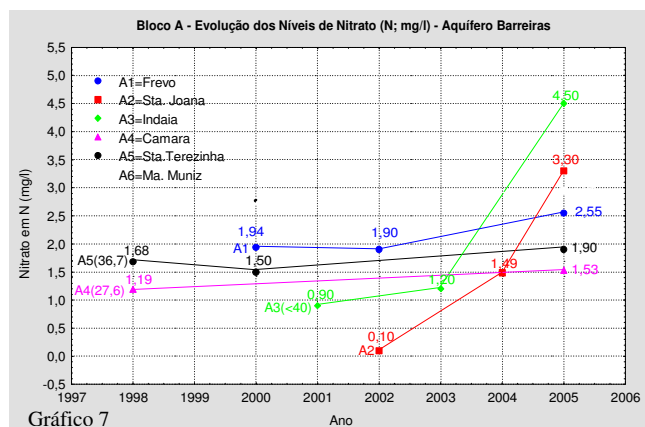


Gráfico 7

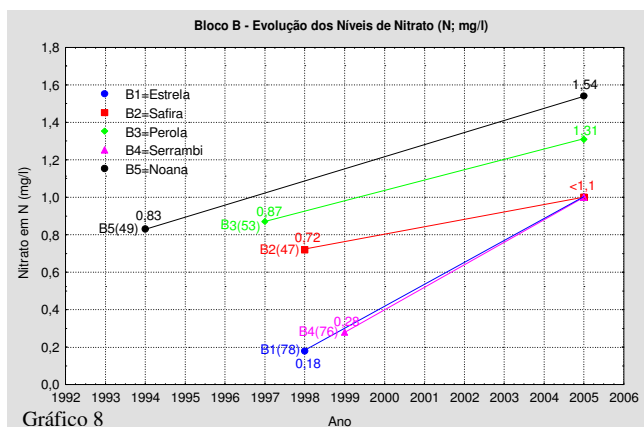


Gráfico 8

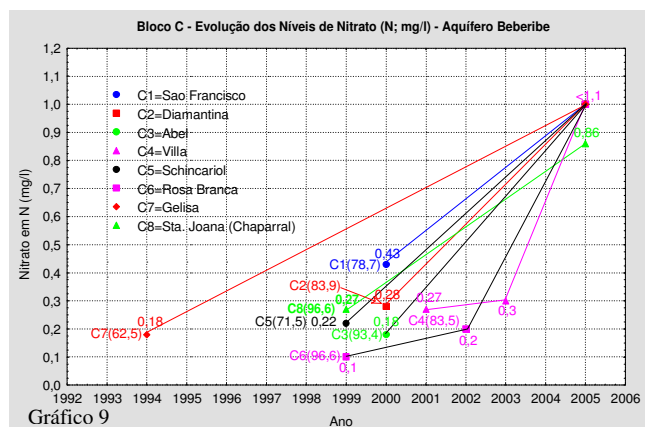


Gráfico 9

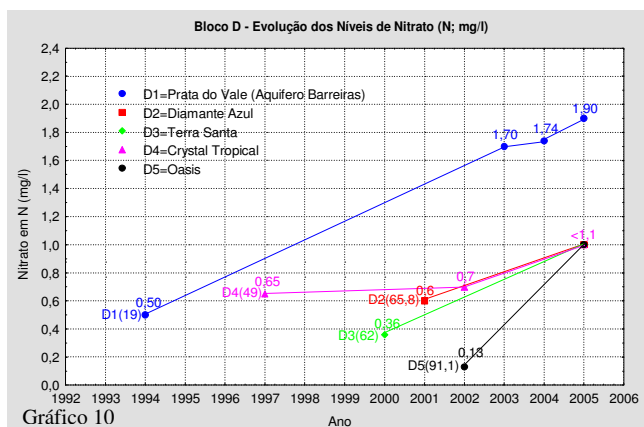
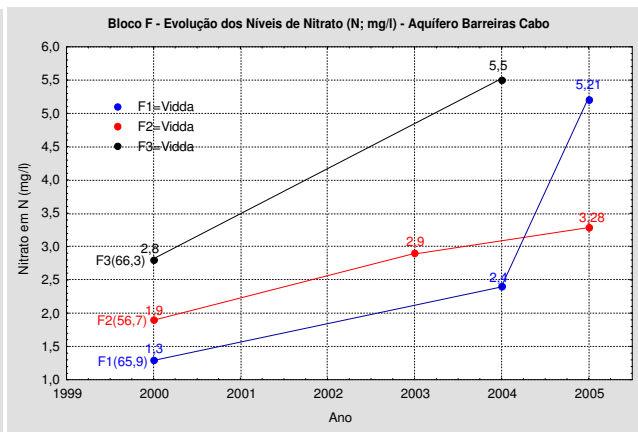
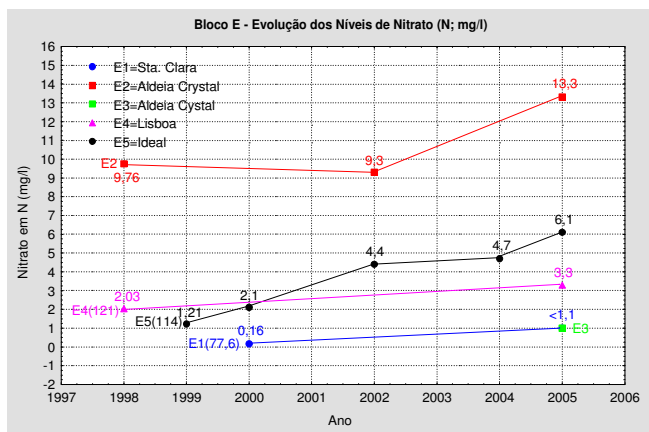


Gráfico 10



5.4 - Monitoramento Microbiológico

Metodologia: Em todas as empresas são realizadas coletas de água, com registros mínimos de pelo menos duas vezes ao ano, tanto no produto final (água envasada) quanto nas captações (fontes e poços), isto como rotinas de fiscalização decorrentes de obrigações legais. A coleta da água sempre é feita pelos laboratórios oficiais (Vigilância Sanitária-ANVISA, Instituto Tecnológico de Pernambuco-ITEP ou Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos-CPRH) com custos exclusivos das empresas. Os Laudos são baseados na legislação em vigor (atualmente a Resolução RDC nº 275, de 22.09.2005-ANVISA/MS), com a determinação dos seguintes microrganismos: *Escherichia coli* ou coliformes (fecais) termotolerantes; Coliformes totais; Enterococos; *Pseudomonas aeruginosa*; e Clostrídios sulfito redutores ou *Clostridium perfringens*. Todos em 100ml.

6 - IMPORTÂNCIA SOCIAL E ESTRATÉGICA DAS ÁGUAS MINERAIS PARA A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE SOB OS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA

O consumo de Água Mineral na RMR é massificado, sendo o produto utilizado inclusive pela população de mais baixa renda (estima-se que o consumo *per capita* no Estado seja o dobro da média nacional, enquanto na Região Metropolitana chegue ao quádruplo). Na verdade, a RMR ostenta consumo *per capita* nos níveis dos países maiores consumidores do mundo, o que serve de termômetro mas não de comparação: o consumo aqui ocorre por compulsão, em busca de uma água mais pura, mais palatável, enquanto por lá a água de abastecimento público é a mais preponderantemente ingerida (porquanto segura), sendo as Águas Minerais ingeridas por opção, como complemento nutricional de sais minerais ou dietas/tratamentos, ou acompanhamento de refeições ou coadjuvante de outras bebidas, como vinhos.

A situação local descrita decorre dos seguintes fatores: a) acirrada concorrência entre os numerosos produtores e conseqüentes abaixamentos dos preços que se tornaram acessíveis às

camadas de mais baixo poder aquisitivo; b) problemas com o abastecimento público; c) disponibilidade quantitativa e principalmente qualitativa de águas subterrâneas.

É de se presumir do quadro acima que estejam a ocorrer ganhos significativos de saúde pública, a curto e médio prazo. Os mais recentes severos racionamentos de abastecimento público não vieram acompanhados dos anteriormente costumeiros surtos e epidemias de doenças de veiculação hídrica associados (diarréias, gastroenterites). Por outro lado, são as Águas Minerais locais bem equilibradas no que concerne à composição química e características físico-químicas e são naturalmente isentas de substâncias estranhas ou resíduos de tratamentos (as águas dos dois aquíferos – Barreiras e Beberibe – apresentam uma faixa entre 30 a 120 mg/litro de Sólidos Totais Dissolvidos).

7 - RECOMENDAÇÕES

7.1 - Os órgãos fiscalizadores responsáveis pelas outorgas de água devem acompanhar sistematicamente (até por amostragem) os volumes explorados, os níveis estáticos e a qualidade das águas dos poços.

7.2 - Os órgãos fiscalizadores responsáveis pelas outorgas de água devem acompanhar as construções dos poços, ao menos na etapa da cimentação. Nesta, o espaço anelar entre o revestimento e a parede do poço, não deve ser inferior a 3 polegadas, devendo-se utilizar centralizadores.

7.3 - As Prefeituras municipais localizadas na área objeto deste trabalho, como também o órgão ambiental CPRH, devem ser cientificadas deste quadro referente ao Nitrato, para que tomem providências no sentido de eliminar esgotos domésticos clandestinos, esgotos a céu aberto e implantem redes de esgotos.

7.4 - Tramita no DNPM uma minuta de Portaria em substituição à Portaria DNPM nº 222/97, que obrigará os novos requerentes e concessionários de água mineral a instalarem com recursos próprios estações telemétricas com leituras diretas na “boca do poço” (parâmetros: níveis, volume explorado e condutividade elétrica).

7.5 - Implementar a amostragem de água para análise de hidrocarbonetos monocromáticos, conhecidos como BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, e Xileno), especificamente em poços próximos a postos de combustíveis.

7.6 - Avaliar a possibilidade de restringir por um determinado prazo as outorgas de Alvarás de Pesquisa para Água Mineral na Região Metropolitana do Recife, até porque todas as empresas aqui monitoradas *encontram-se* operando muito abaixo da capacidade instalada, apesar do *mercado consumidor em alta (outubro-2005)*, como também muito abaixo da vazão aprovada pelo DNPM. Por outro lado, a abertura de novos poços representa um maior risco de contaminação para os aquíferos, principalmente quando a construção do poço não é fiscalizada, o que não é raro ocorrer.

7.7 - Nas Indústrias de Água Mineral o desperdício de água praticamente não existe, inclusive, nos processos de engarrafamento há o reaproveitamento-REUSO. Isto dificilmente ocorre nas outras indústrias e muito menos nas residências condominiais. Estes dois últimos segmentos somados são responsáveis pelo maior consumo de água subterrânea na RMR. Urge, portanto, que o Governo do Estado adote medidas, por exemplo, instituindo campanhas educativas permanentes focando o desperdício; estabelecendo taxaço para consumo da água quando da utilização de poços tubulares em condomínios particulares e indústrias; exigindo em prédios com coberturas acima de 400 m² a construção de sistema de armazenamento e distribuição para aproveitamento das águas das chuvas (seriam destinadas a uso menos nobre: descargas sanitárias, limpeza, regar plantas).

7.8 - No mundo, e não diferentemente na RMR, as demandas por água não vão parar de crescer e os mananciais subterrâneos tendem, com o tempo, à exaustão por quantidade e ou qualidade. Particularmente em nosso caso, o Governo do Estado deveria realizar estudos no sentido de avaliar técnico/economicamente a implantação de recarga artificial dos seus aquíferos, a exemplo do que ocorre em outros países, como por exemplo Israel, Austrália, Holanda e principalmente Estados Unidos (Manoel Filho, J. 2004). Uma das alternativas seria a utilização das águas tratadas do Rio Capibaribe que poderia ofertar pelo menos 5 m³/s, no período de março a agosto, cobrindo o *deficit* anual de fluxo estimado (Costa et al. 2001).

8 – AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à equipe executora das campanhas de campo: *geólogo Antonio Honório de Melo Junior, estagiários Diógenes Ribeiro de Lemos e Eduardo Queiroz de Andrade Lima, Aux. de Engenharia Emanuel Carlos Cesário da Silva, geólogo Florísio Tabosa dos Anjos, motorista Givaldo Clemente Barbosa, Estagiário Nilson Galvão Filho, Téc.Recursos Minerais Severino do Ramo Souza, Estagiário Sidney Tesser Junior e geólogo Valdemir Cavalcanti de Souza*. Também a valiosa participação da *bibliotecária Joana Lucia Ezaquiel Nascimento*, do 4º Distrito do DNPM/PE.

9 - REFERÊNCIAS

- COSTA FILHO, Waldir Duarte; COSTA, Waldir Duarte. Recarga artificial dos aquíferos da planície do Recife. In: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 4, 2001, Recife. Anais... Recife: ABAS/PE,2001.p.543/554.
- COSTA, Waldir Duarte et al. Monitoramento dos aquíferos costeiros de Pernambuco na Região do Recife. In: CABRAL, Jaime J. S. P. et al. (Org.). *Águas subterrâneas: aquíferos costeiros e aluviões vulnerabilidade e aproveitamento*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2004. p. 365-391. v. 4: Tópicos especiais em recursos hídricos.

- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL; PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente; COMPANHIA PERNAMBUCANA DE RECURSOS HÍDRICOS. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Interpretação dos dados emitidos pelos sensores telemétricos instalados em poços da RMR: relatório parcial*. Recife: Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. – COSTA, 2004.
- _____. *Estudo e implantação de um sistema de monitoramento dos aquíferos e águas minerais na Região do Recife e adjacentes: relatório final*. Recife: Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. – COSTA, 2004.
- MANOEL FILHO, João. *Exploração de água mineral em zona urbana, características gerais e diagnóstico para planejamento e controle: caso da Grande Recife*. Recife: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia, 2004.
- MENTE, A. & CRUZ, W.B. 2001. *Estudo de área de proteção de fontes de águas Minerais da região norte do Recife, Estado de Pernambuco: Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 4º Distrito-Pernambuco, 2001.*