



Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife



RECIFE 1994



O Serviço Geológico do Brasil

Governo do Estado de Pernambuco

Secretaria de Planejamento

**Fundação de Desenvolvimento da
Região Metropolitana do Recife**

Joaquim Francisco de Freitas Cavalcanti
Governador do Estado

Carlos Roberto Guerra Fontes
Vice-Governador

Luiz Alberto da Silva Miranda
Secretário de Planejamento

Jório José Barretto Carneiro da Cruz
Presidente da FIDEM

Sônia Maria de Pádua Walfrido
Diretora de Desenvolvimento Metropolitano

Carlos Frederico de Lemos Moreira Lima
Diretor de Empreendimentos Metropolitanos

Solon Luiz de Castro Costa
Diretor de Administração Geral

Ministério de Minas e Energia

Secretaria de Minas e Metalurgia

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

**Programa de Informações para Gestão
e Administração Territorial**

Alexis Stepanenko
Ministro de Estado

Breno Augusto dos Santos
Secretário de Minas e Metalurgia

Carlos Oití Berbert
Presidente da CPRM

Hermes Augusto Verner Inda
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos

Antônio Juarez Milmann Martins
Diretor de Recursos Minerais

Augusto Wagner Padilha Martins
Diretor de Administração e Finanças

Gil Pereira de Souza Azevedo
Diretor de Relações Comerciais

Isaac Ber Borensztein
Superintendente de Planejamento,
Informática e Métodos

Giuseppina Giaquinto de Araújo
Superintendente de Apoio e
Desenvolvimento Tecnológico

Helion França Moreira
Coordenador Nacional do Programa GATE

João de Castro Mascarenhas
Superintendente Regional de Recife

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Superintendência Regional de Recife

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL DA
REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

PROJETO SINGRE

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS
Volume 2

**Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da
Região Metropolitana do Recife**

Onofre Leal

Recife
1994

Equipe Técnica

Marinho Alves da Silva Filho
Gerente de Recursos Minerais

Sergio Monthezuma Santoianni Guerra
Supervisor de Projetos

José Pessoa Veiga Júnior
Chefe do Projeto

Luciano Tenório de Macêdo
Serviço de Edição Regional

Equipe Executora

Anadir Cardozo da Costa
Hortência Maria Barboza de Assis
Jorge Luiz Fortunato de Miranda

Luiz Carlos de Souza Júnior
Onofre Leal

Paulo Roberto Siqueira de Assunção
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff

Consultor
Albert Mente

Oliveira, Roberto Gusmão de

Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE; Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife. Recife: CPRM/FIDEM, 1994.

38p. il. (Série Cartografia Temática, 2)

1. Geofísica. 2. Gravimetria. 3. Pernambuco. 4. Brasil. 1. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. II. Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. III. Série. IV. Título.

CDD 551

APRESENTAÇÃO

A crescente expansão urbana das metrópoles tem gerado graves desequilíbrios ambientais que afetam a qualidade de vida da população.

São problemas de abastecimento de água, poluição, salinização de aquíferos, enchentes, escorregamentos de encostas, assentamento de lixões, todos demandando para sua solução o conhecimento adequado das características do meio físico.

A experiência da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM em levantamentos geológicos básicos, pesquisa mineral e estudos de recursos hídricos, além de sua transformação em Serviço Geológico Nacional, levou-a a tomar a si a responsabilidade da criação e condução do Programa de Gestão e Administração Territorial - GATE, executado sempre em regime de cooperação com organismos de planejamento regionais, estaduais ou municipais.

A cidade do Recife padece dos problemas mencionados, e por isso a CPRM está desenvolvendo, em convênio com a Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM - estudos básicos para caracterização do Meio Físico com a finalidade de diagnosticar e subsidiar os órgãos de governo e planejadores de espaços geográficos.

Os resultados desses estudos estão consubstanciados em relatórios técnicos, com informações, diagnoses e propostas relacionadas à temática do desenvolvimento urbano.

A presente publicação é parte desse esforço.

SUMÁRIO

1 - Introdução	7
1.1 - Fisiografia e Vegetação	7
1.2 - Ocupação Urbana	8
1.3 - Geologia e Estratigrafia	8
1.3.1 - Caracterização das Unidades Estratigráficas	8
1.4 - Compartimentação Estrutural	11
1.5 – Hidrogeologia	11
2 - Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas	13
2.1 - Metodologia de Trabalho	13
2.2 - Definição das Classes de Vulnerabilidade e Áreas de Risco	21
2.2.1 - Mapa Hidrogeológico Simplificado	22
3 - Conclusões e Recomendações	22
Bibliografia	27

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma versão condensada do relatório elaborado sobre a Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife (RMR).

Contém informações sobre a fisiografia, a geologia e a hidrogeologia da região, além da metodologia utilizada na elaboração do mapa de vulnerabilidade, de seu conteúdo e utilização adequada.

Em sua elaboração reuniu-se os dados disponíveis junto a órgãos federais e estaduais tais como: SUDENE, UFPE, CQMPEA, FIDEM, CPRH, companhias distribuidoras de petróleo, e na CPRM, que já conta com um bom acervo de dados hidrogeológicos sobre a RMR.

Em se tratando de uma área onde ocorre água subterrânea à pequena profundidade constantemente explorada para uso doméstico, esse mapa é uma ferramenta necessária no planejamento de ações governamentais de controle e proteção desses mananciais subterrâneos.

Dentro das limitações da escala, oferece orientação quanto a ocupação racional do solo, levando em consideração a proteção das águas subterrâneas contra a ação dos agentes poluidores tais como despejos de águas servidas, fossas sépticas, elementos químicos provenientes da disposição de resíduos industriais, etc.

1.1 - Fisiografia e Vegetação

A Região Metropolitana do Recife (Figura 1), corresponde a uma faixa costeira com aproximadamente 2.500 km² banhada pelas bacias hidrográficas dos rios Botafogo, Beberibe, Capibaribe, Jaboatão, Pirapama e Ipojuca. Sua pluviosidade média anual fica em torno de 1600 mm, com maiores índices pluviométricos no período de maio a agosto. Cerca de 10% dessa água se infiltra e alimenta os aquíferos (Batista, 1984 e COMPESA, 1986).*

O relevo é bastante irregular, merecendo destaque a grande planície do Recife, e a dos rios Jaboatão e Pirapama com altitudes inferiores a 10 metros. Contornando estas planícies ocorrem elevações, com altitudes em torno de 50 metros, formando morros isolados ou áreas dissecadas por vales profundos. Na porção norte e noroeste ocorrem os tableiros arenosos, com altitudes em torno de 110 metros. Mais para oeste, em direção ao interior do continente, a topografia é cada vez mais irregular, atingindo altitudes que variam entre 100 a 150 metros.

A vegetação original é a Mata Atlântica, cuja característica é de mata densa. Hoje porém, devido à ação antrópica, a maior parte da área é ocupada por canaviais. Resquícios da antiga vegetação ocorrem, de forma reduzida, no cume de alguns morros, sob controle do IBAMA. O desmatamento contribui para o maior escoamento superficial e menor taxa de infiltração das águas de chuva para alimentar os aquíferos.

Outro tipo de vegetação característica são os manguezais, que ocupam as partes mais baixas e alagadas, sob influência das águas das marés.

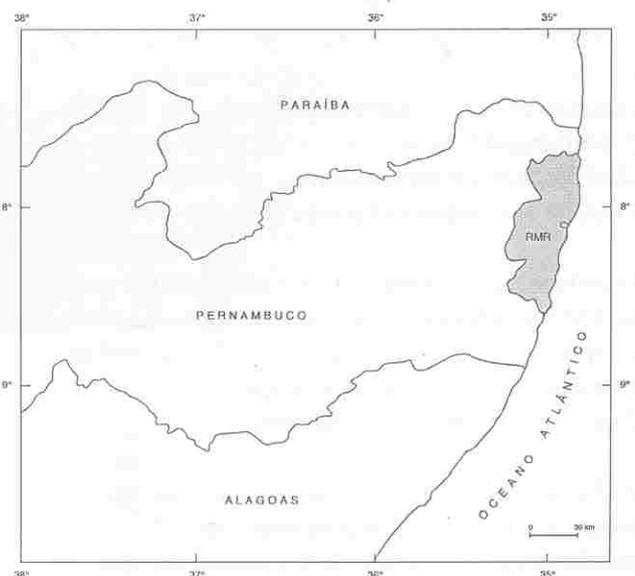


Figura 1 - Mapa de localização da Região Metropolitana do Recife

* Rocha saturada com água explorável

1.2 - Ocupação Urbana

Ao longo da faixa litorânea, no trecho compreendido entre Barra de Jangada ao sul, e o Forte de Pau Amarelo ao norte, como também no centro urbano de Olinda e Recife, a distribuição populacional é caracterizada por alta concentração demográfica com habitação de alto padrão. Outras concentrações urbanas, com padrão mais modesto, encontram-se nos bairros mais afastados do centro do Recife e nas cidades mais importantes da RMIR onde foram implantados núcleos habitacionais de médio e grande porte. Em geral, todas essas áreas urbanizadas são providas de infraestrutura de saneamento bem desenvolvida, apesar da existência de alguns sistemas sanitários condominiais em condições precárias.

Nas zonas urbanas e periféricas com pequenas concentrações habitacionais ocorrem lixões, cemitérios, postos de combustível, oficinas mecânicas, pequenas indústrias e várias outras atividades geradoras de resíduos que podem contaminar as águas subterrâneas, se existirem condições lito-estruturais apropriadas.

1.3 - Geologia e Estratigrafia

Duas unidades geológico/geotectônicas distintas ocorrem na RMR: as rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano, integrantes do Alto Pernambuco/Alagoas e as rochas sedimentares de idade cenozóica/mesozóica que compõem a Bacia Costeira Pernambuco/Paraíba (Figuras 2 e 2A).

O embasamento cristalino, que aflora na porção oeste da RMR e serve de substrato aos sedimentos da bacia, é composto de granitos e granodioritos, ao sul do Lineamento Pernambuco, e de gnaisses e migmatitos diversos, ao norte desta estrutura.

A Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba, ocorre ao longo do litoral, com largura média de 20 km, na porção norte, estreitando-se abruptamente nas proximidades do Lineamento Pernambuco, quando passa a uma largura variável de 6 a 10 km; é composta de duas sub-bacias:

A Sub-Bacia Sul, a sul do Lineamento Pernambuco que passa em Recife, mais antiga, testemunha a abertura do Atlântico, sendo também conhecida como *Rift* do Cabo.

A Sub-Bacia Norte registra a época em que já existiria pelo menos um proto-oceano, sendo constituída por unidades transgressivas.

A Formação Cabo, a Formação Estiva e a Formação Ipojuca são unidades lito-estratigráficas pertencentes ao *Rift* do Cabo, enquanto as formações Beberibe, Gramame e Maria Farinha pertencem à Sub-Bacia Norte. Destaca-se a Formação Beberibe por ser o principal aquífero da RMR.

A Formação Barreiras e os Sedimentos Recentes estão presentes em toda a bacia.

1.3.1 - Caracterização das Unidades Estratigráficas

Formação Cabo (Cretáceo Inferior - Kc)

Constituída de conglomerados polimíticos de matriz arcoseana, arcósios, siltitos, argilitos e arenitos grosseiros apresentando espessuras extremamente variáveis, desde algumas dezenas de metros até mais de 2900 metros, conforme já detectado no poço perfurado pela Petrobrás na Praia de Cupe. Ocorre exclusivamente na porção sul da bacia, imediatamente ao sul do Lineamento Pernambuco.

Formação Estiva (Cretáceo Médio - Ke)

É composta de arcósios carbonáticos na base, sobrepostas por margas e calcários dolomíticosossilíferos, com ocorrência restrita à porção sul da RMIR. Interdigita-se com a Formação Cabo.

Formação Maria Farinha (Terciário - Tmf)

Constitue uma unidade estratigráfica individualizada em termos do conteúdo fossilífero, porém, suas características litológicas e modo de ocorrência são idênticos aos da Formação Gramame que lhe é subjacente concordantemente.

Formação Beberibe (Cretáceo Superior - Kb)

A Formação Beberibe é constituída de arenitos de granulação variável contendo intercalações de silte e argilas na secção inferior (Beberibe Inferior) e arenito calcífero na parte superior (Beberibe Superior). Ocorre somente ao norte da região metropolitana, aflorando nos leitos dos rios, com espessura média de 180 m, aumentando de oeste para leste.

Formação Gramame (Cretáceo Superior - Kg)

É composta, da base para o topo, de arenitos calcíferos que gradam para calcários arenosos e culminam com calcário dolomítico e margoso muito fossilífero. Sua espessura máxima, detectada em perfuração de poços, é de 80 metros. Ocorre somente na porção norte da RMR geralmente encobertos por sedimentos recentes ou da Formação Barreiras.

Formação Ipojuca (Cretáceo Inferior a Superior - Ki)

Conjunto de rochas vulcânicas de composição extremamente variável, desde basáltica até riolítica, apresentando-se como derrames, *si/is*, *plugs* e diques. Ocorrem na porção sul da RMR ocupando áreas restritas e atravessando as formações Cabo e Estiva.

Formação Barreiras (Terciário/Quaternário - TQb)

É composta de areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grosseiros e apresentando-se com espessuras muito variáveis. Na parte sul ocorre em pequenos morros isolados, enquanto na parte norte, ocupa cerca de 50% da área total, ocorrendo na forma de tabeleiros arenosos ou morros isolados.

Sedimentos Recentes

Vários tipos de sedimentos são identificados: Aluviões (Qa), Sedimentos de Praia (Qp), Terraços Marinheiros holocênicos (Qth), Terraços Marinheiros pleistocênicos (Qtp), Mangues (Qm), Depósitos Flúvio-lagunares (Qdfl) e Quaternário Indiferenciado da Planície do Recife (Qi). Os quatro primeiros foram reunidos e denominados sedimentos diversos (Qd). São constituídos de areias variadas, argilas, limos e vasas de origem continental ou marinha, ocorrendo nos vales dos rios, ao longo das praias e em zonas de mangues, com espessuras que podem chegar a 75 metros.

1.4 - Compartimentação Estrutural da Bacia Pernambuco/Paraíba

Os conhecimentos sobre a tectônica da Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba, foram aprimorados através de levantamento gravimétrico executado pela CPRM (Oliveira, 1993), tendo sido identificados os seguintes compartimentos estruturais no *Rift* do Cabo: Baixo de Candeias e Baixo do Cupe/Suape, com desnível em tomo de 3000 m, separados pelo Alto Cabo/Gaibú.

O Baixo de Casa Forte, localizado a norte do Lineamento Pernambuco, corresponde a uma estrutura assimétrica e rasa, ladeada pelos altos de Afogados e de Dois Irmãos (Figura 3).

Foram identificadas cinco direções de falhamento, sendo as falhas de direção NNE-SSW as mais evidentes. São falhas normais e de grande rejeito, que delimitam o *Rift* do Cabo e formam um padrão escalonado de aprofundamento do embasamento em direção ao mar. O *Rift* do Cabo e a Sub-Bacia Norte estão separados pelo Lineamento Pernambuco e possuem evoluções tectônicas distintas (Oliveira, 1993).

1.5 - Hidrogeologia

As rochas do embasamento cristalino e as rochas sedimentares possuem comportamento hidrogeológico distinto. Dentre as rochas sedimentares, aquela porção que compõe o *Rift* do Cabo também tem comportamento diferenciado do restante.

As rochas do embasamento cristalino armazenam água nas fraturas em volume reduzido e, em geral, de má qualidade química. Estão quase sempre cobertas por um manto de alteração areno-argiloso, com três a quatro metros de espessura em média, mas que pode atingir mais de 10 metros. Este manto de intemperismo permite a infiltração direta das águas meteóricas, que podem originar as fontes e/ou alimentar as fraturas abertas do embasamento cristalino. Pela qualidade química de suas águas e o pequeno volume que armazenam, as rochas do embasamento cristalino da área não constituem aquífero de importância.

Ao longo da faixa costeira, ocupada pelas rochas sedimentares, as condições hidrogeológicas são variáveis, ocorrendo aquíferos livres ou confinados, localizados ou com extensões regionais, com importância exploratória restrita ou destacada. A recarga desses aquíferos se faz através da infiltração direta das águas de chuva nas áreas aflorantes ou por infiltração através das camadas confinantes, devido ao abaixamento da pressão em função de bombeamento (França et al., 1988).

Nos aquíferos livres o fluxo subterrâneo é de curto percurso e dirigido para os cursos de água superficiais, enquanto que, nos aquíferos confinados o fluxo tem gradiente fraco no sentido do oceano.

Assim como o comportamento tectono-sedimentar, o comportamento hidrogeológico da Bacia Pernambuco/Paraíba é distinto, a norte e a sul do Lineamento Pernambuco.

No Bloco Norte localizam-se as áreas Olinda/Itamaracá e a Planície do Recife. Nestas duas áreas o aquífero principal é a Formação Beberibe. Na área Olinda/Itamaracá está submetido a uma exploração excessiva, para o abastecimento urbano porém controlada pela COMPESA através de modelos matemáticos. Entretanto, dos 176 poços perfurados para abastecimento urbano, 93 poços estão operando continuamente, com uma vazão total estimada da ordem de 1300 l/s, provocando extenso cone de depressão, com centro posicionado a cerca de 70 metros de profundidade (CPRH, 1991).

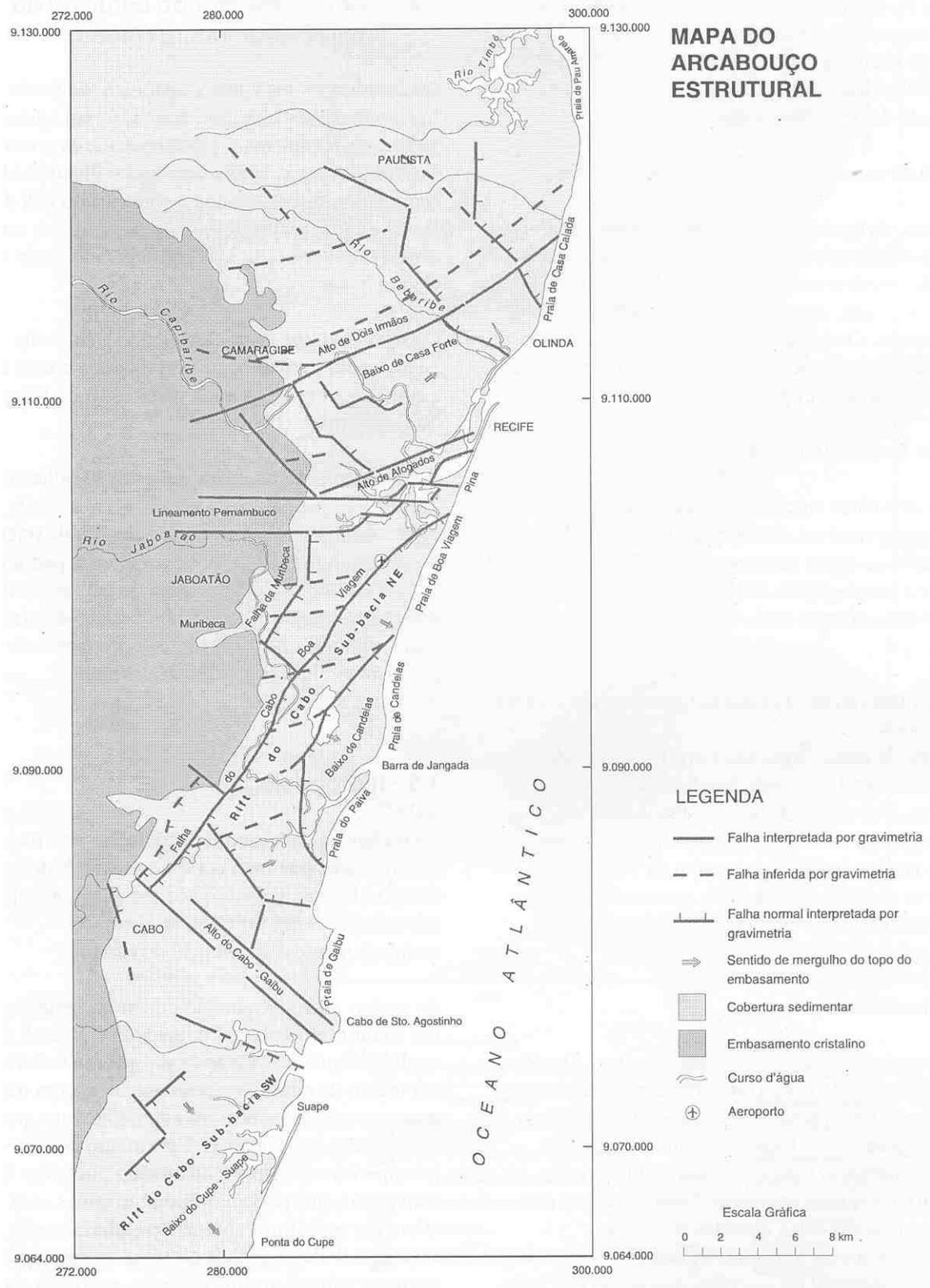


Figura 3

Na Planície de Recife a exploração do Aquífero Beberibe também é intensa e sem controle pois, ainda não foram efetuados estudos a nível de detalhe. O estudo mais detalhado, foi realizado por Batista (1984) que constatou sobre-exploração e indícios de salinização, a partir da superfície do terreno, causada por poços abandonados, mal construídos ou pela superexploração.

A zona litorânea da Planície de Recife apresenta também salinização dos aquíferos devido à super exploração que se verifica nessa porção da área.

A ausência de camadas confinantes, em alguns pontos dessa área, deixa o aquífero vulnerável à contaminação de superfície, principalmente onde ocorre intenso bombeamento de poços.

O Aquífero Beberibe não ocorre no Bloco Sul. Porém, estudos hidrogeológicos e perfurações efetuados no Complexo Portuário de Suape e na vila de Nossa Senhora do Ó, registraram a ocorrência de um aquífero poroso e permeável, em profundidade ($\pm 100\text{m}$), capaz de atender a demanda para abastecimento de núcleos habitacionais e industriais. Recentemente a CPRM efetuou perfuração de dois poços no Porto de SUAPE, com vazão específica média de $2,7 \text{ m}^3/\text{h/m}$.

Ainda na faixa ocupada por rochas sedimentares ocorre a Formação Barreiras, com bolsões arenosos saturados, onde se explota água para atender ao uso doméstico e de pequenas propriedades.

Ao longo de toda a faixa costeira da RMR, ocorrem outros aquíferos de menor importância, onde se explotam pequenos volumes d'água para uso doméstico. São os sedimentos arenosos quaternários das várias unidades individualizadas e descritas anteriormente. Todos estes aquíferos são livres, com lençol freático à pequena profundidade, sem proteção em superfície e, portanto, altamente vulneráveis à qualquer tipo de contaminação.

2 - MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS E RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

2.1 - Metodologia de Trabalho

A execução dos mapas em questão foi precedida das seguintes etapas de trabalho:

- a) Coleta de dados junto aos órgãos e entidades públicas, ligadas à pesquisa hidrogeológica;
- b) Elaboração de Mapa Geológico através da compilação dos dados geológicos mais recentes;
- c) Elaboração de Mapa Hidrogeológico Simplificado na escala 1:100.000, baseado no mapa geológico e nas informações hidrogeológicas coletadas.

A partir das informações inerentes à cada aquífero e unidades estratigráficas associadas foi possível a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas (Figuras 4 e 4A).

A vulnerabilidade natural de cada aquífero em um dado local tem grau de confiabilidade dependente da resolução da escala de trabalho. As classes de vulnerabilidade da região em estudo, foram definidas a partir de três fatores relacionados à ocorrência de água subterrânea explotável. São eles:

- a) Tipo de ocorrência do aquífero, variando dos extremos, livre ou confinado;
- b) Tipos litológicos existentes acima da zona saturada, enfatizando seu grau de permeabilidade;
- c) Profundidade do nível da água ou do teto do aquífero.

Cada um destes fatores ao ser avaliado recebe um índice, sendo o produto destes parâmetros, também um índice que representa a vulnerabilidade natural do aquífero. O Quadro 1 obtido de Foster et al. (1988) ilustra os procedimentos de avaliação.

A distribuição das cargas contaminantes (Figuras 5 e 5A), representadas por áreas urbanas saneadas ou não, presença de indústrias, mais ou menos poluentes, cemitérios, lixões, postos de combustíveis, etc. permite a elaboração da carta de carga contaminante onde constam também os poços de captação de água subterrânea e os pontos de captação superficiais que abastecem a população.

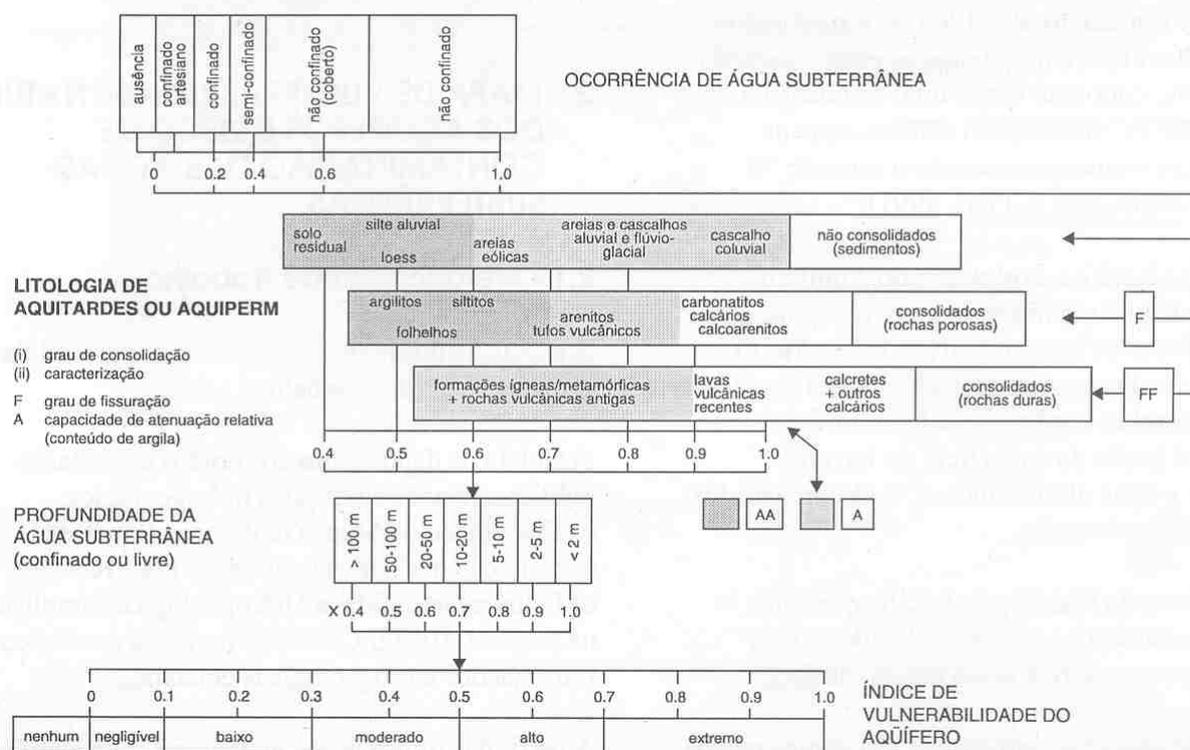
A carga contaminante foi considerada:

- a) alta, em zonas urbanas com saneamento inadequado;
- b) moderada, em zonas urbanas com saneamento adequado e presença de parque industrial; c) baixa, em pequenas concentrações habitacionais; d) ausente, em zonas sem qualquer potencial de carga contaminante.

O risco de contaminação ilustrado no mapa correspondente (Figuras 6 e 6A), com informações atualizadas até 1993 é o resultado da interação e superposição dos mapas de vulnerabilidade dos aquíferos e de cargas contaminantes, utilizando-se a matriz ilustrada no Quadro II, definindo-se riscos máximo, alto, moderado, baixo e mínimo.

QUADRO I

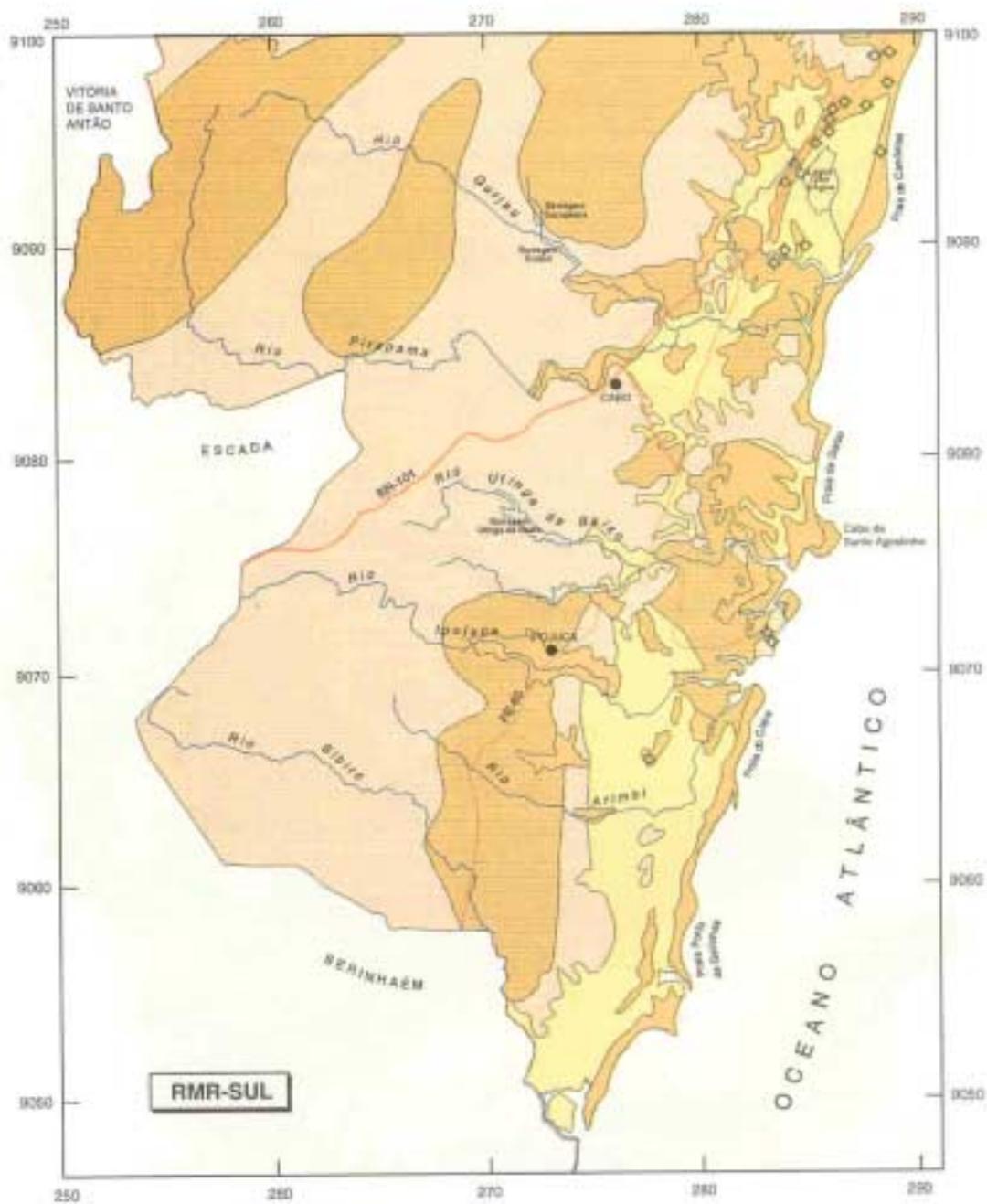
ESQUEMA PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUIFERO



Fonte: FOSTER et al. - 1988

Quadro II
MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A VULNERABILIDADE E A CARGA CONTAMINANTE DOS AQUIFEROS PARA DEFINIÇÃO DO RISCO

VULNERABILIDADE DO AQUIFERO	CARGA CONTAMINANTE			
	AUSENTE OU MUITO BAIXA	BAIXA	MODERADA	ALTA
ALTA	Mínimo	Moderado	Alto	Máximo
MODERADA	Mínimo	Baixo	Moderado	Alto
BAIXA	Mínimo	Baixo	Baixo	Moderado
DESPREZIVEL	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo



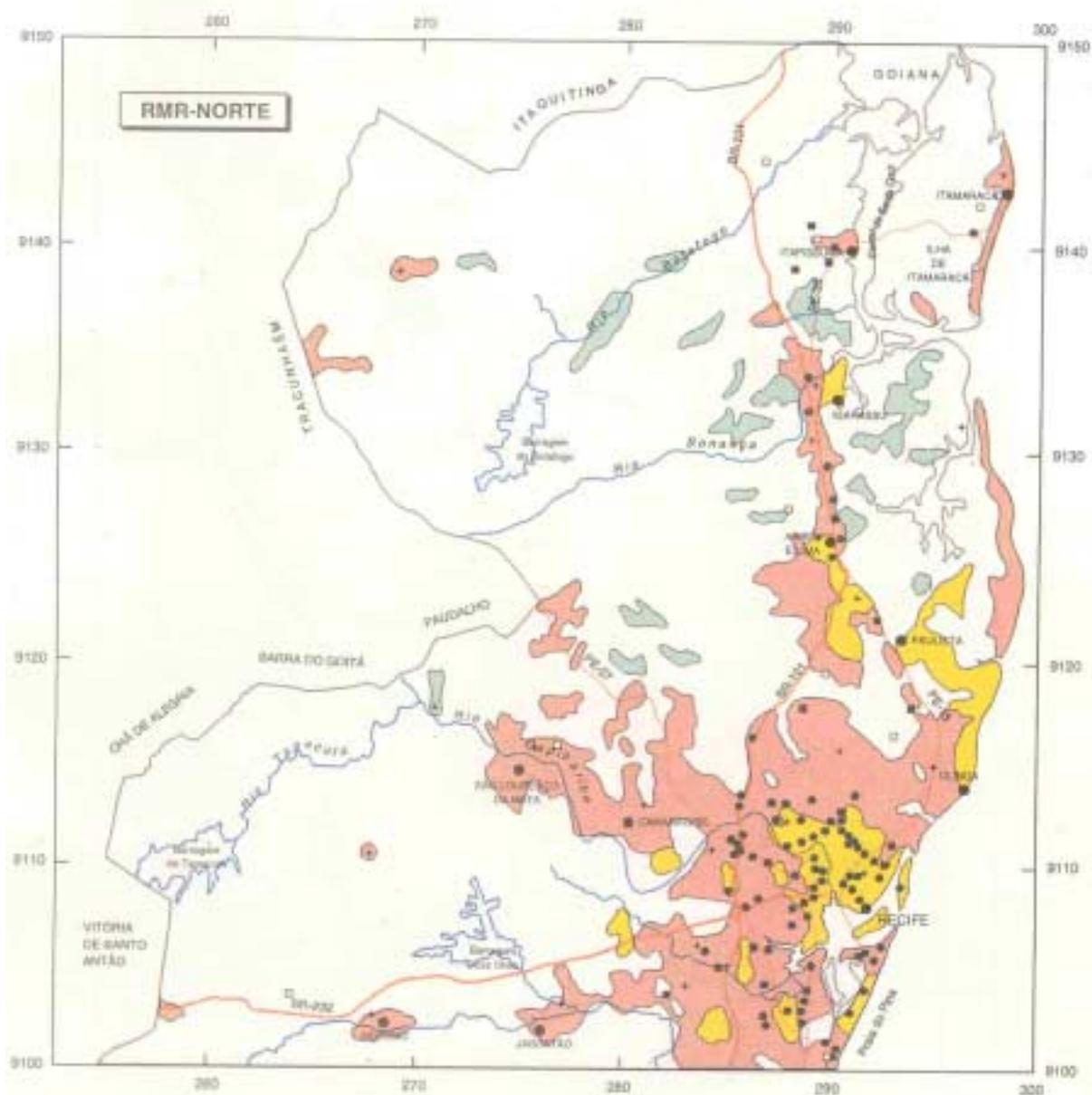
MAPA DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- rodovia principal
- rodovia secundária
- cidade
- rio

- alta
- moderada
- baixa
- desprezível

- Captações d'água para abastecimento urbano e industrial
- poço tubular profundo
 - barragem

Figura 4A

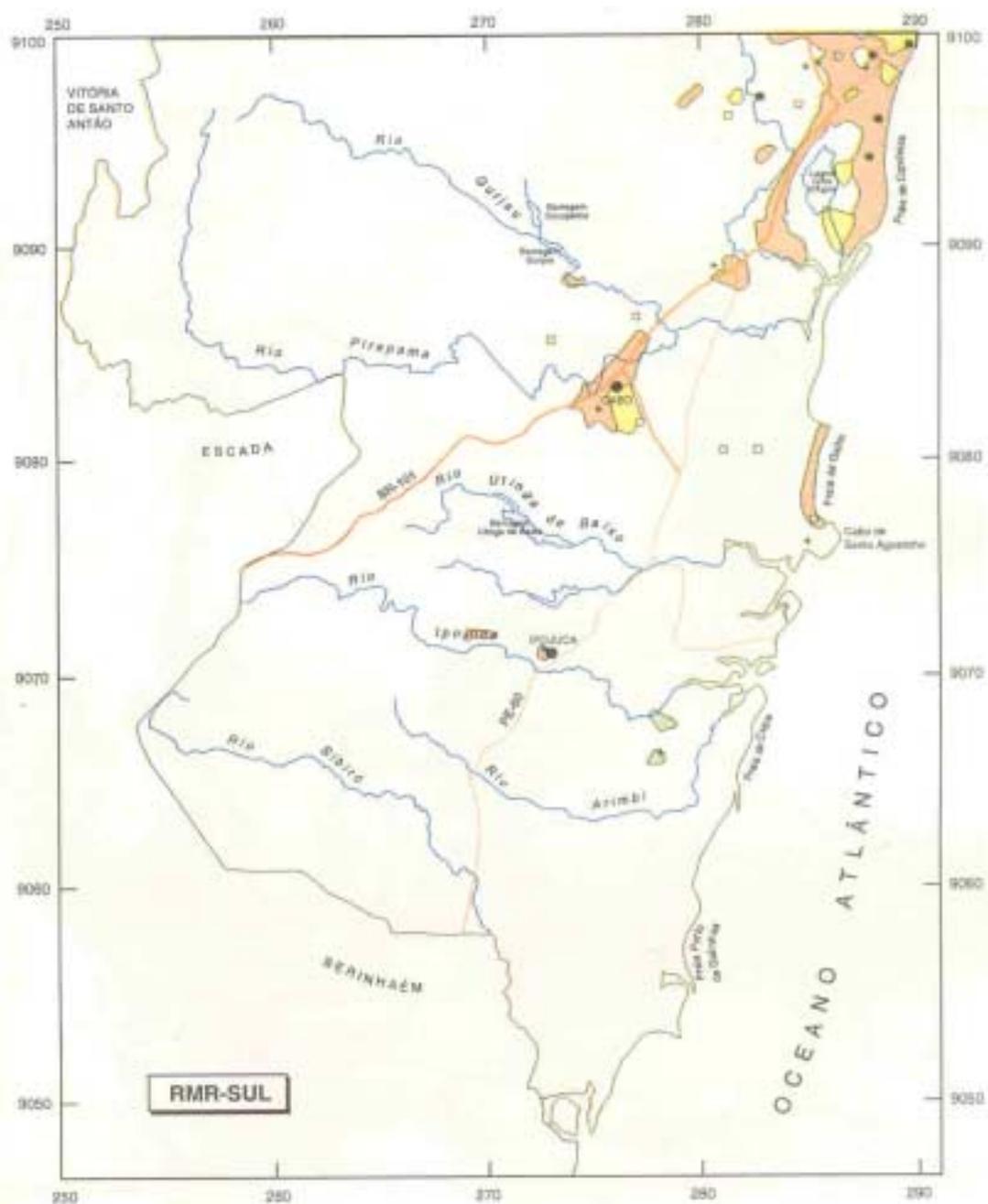


MAPA DE CARGA CONTAMINANTE

- rodovia principal
- rodovia secundária
- cidade
- rio
- semiper. água

- ALTA - Zona urbana desprovida de saneamento adequado
- MDEPRADA - Zona urbana com saneamento adequado e distrito industrial
- BAIXA - Pequenas concentrações habitacionais
- lote ativo
- lote desativado
- cemitério
- posto de combustível

Figura 5

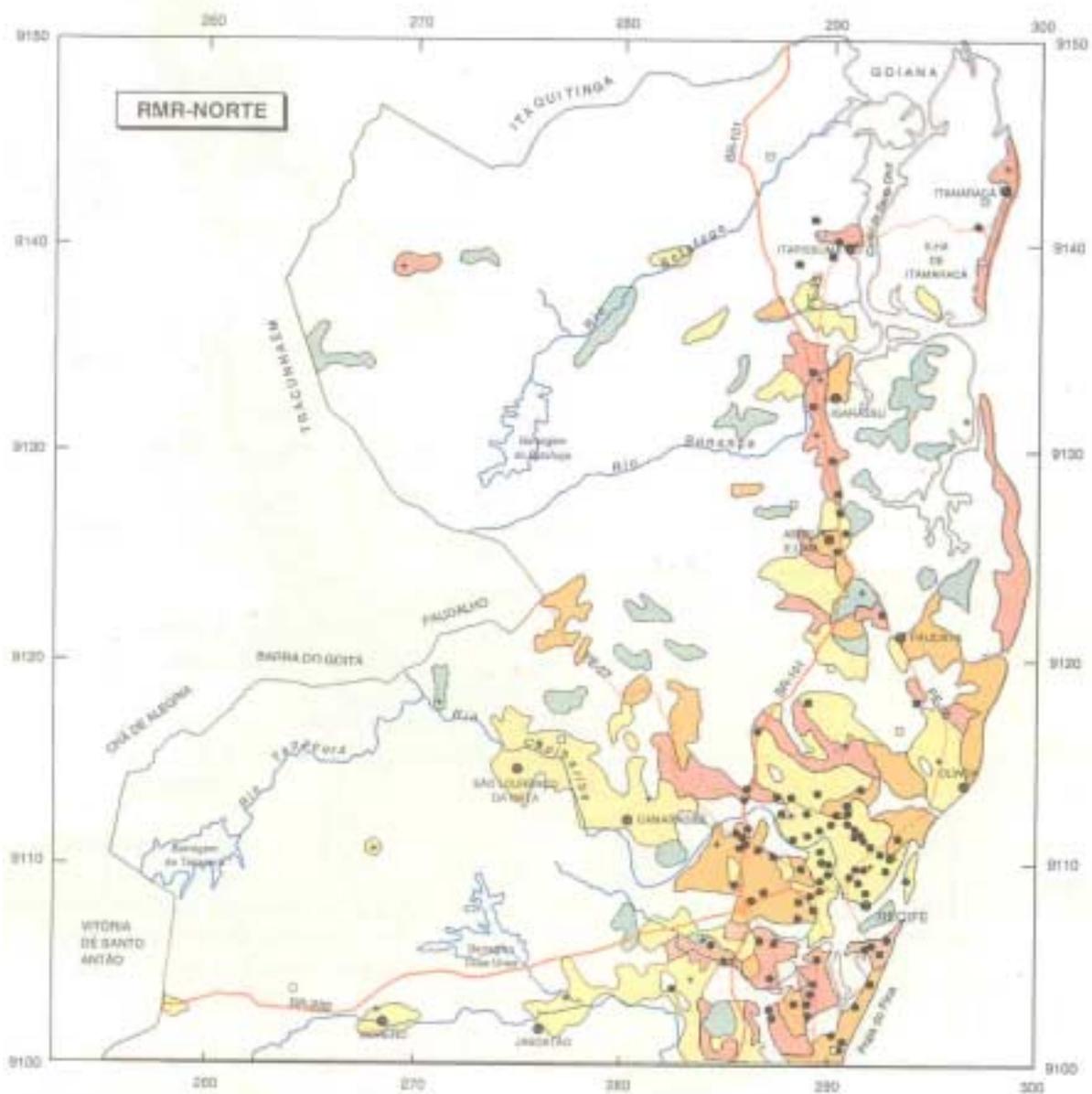


MAPA DE CARGA CONTAMINANTE

- rodovia principal
- rodovia secundária
- cidade
- rio
- barragem, lagoa

- ALTA - Zona urbana desprovida de saneamento adequado
- MODERADA - Zona urbana com saneamento adequado e distrito industrial
- BAIXA - Pequenas concentrações habitacionais
- lixo ativo
- lixo desativado
- + cemitério
- posto de combustível

Figura 5A



MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- rede principal
- rede secundária
- cidade
- rio
- lagoa, lago

- muito
- alto
- moderado
- baixo
- poço ativo
- poço desativado
- cisterna
- posto de combustível

Figura 6

2.2 - Definições das Classes de Vulnerabilidades e Áreas de Risco

Ao se transpor as premissas discutidas anteriormente para o caso real da RMR, as classes de vulnerabilidade foram assim definidas:

a) Vulnerabilidade Alta

Corresponde aquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável em aquífero livre, a profundidade inferior a 10 metros subjacente a material de alta permeabilidade por porosidade, sem nenhum atenuante de conteúdo argiloso que retarde ou impeça a infiltração de elementos poluentes dispostos na superfície ou sub-superfície do terreno.

São as áreas de aforamento do aquífero Beberibe ou Cabo, apresentando as condições mencionadas, bem como aquelas áreas ocupadas por depósitos aluviais, de dunas, terraços marinhos, onde as águas subterrâneas estão sendo explotadas através de poços rasos.

Em todas essas áreas as águas subterrâneas explotáveis correm alto a máximo risco de serem contaminadas, caso ocorra carga contaminante de potencial moderado a elevado. Este risco, está diretamente relacionado à elevada vulnerabilidade natural dos aquíferos, que é imutável. Consequentemente, só é possível evitar esta contaminação eliminando ou controlando a carga contaminante.

Mesmo em áreas de aquífero profundo requerem-se medidas de proteção em torno dos poços de captação a fim de evitar possível contaminação direta do aquífero através deles, bem como em torno dos reservatórios de águas superficiais para abastecimento urbano.

b) Vulnerabilidade Moderada

Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável a profundidade de 2 a 10 m, subjacente a um material pouco permeável ou onde ocorre material de alta permeabilidade, em superfície, porém com água subterrânea explotável a 30 m de profundidade. No primeiro caso estão as áreas ocupadas por sedimentos indiferenciados da Planície do Recife e os depósitos flúvio-lagunares. No segundo caso trata-se da área dos taboleiros arenosos da porção norte e noroeste da RMR, zona de recarga do Aquífero Beberibe.

Em ambos os casos as águas subterrâneas estão vulneráveis a contaminação por infiltração de poluentes dispostos em superfície ou subsolo. Portanto, para se evitar essa contaminação deve-se eliminar a causa, ou seja, não implantar qualquer atividade geradora de resíduos poluentes em quantidade apreciável e de maneira contínua.

c) Vulnerabilidade Baixa

Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável a mais de 40 m de profundidade em aquífero confinado por material pouco permeável ocorrendo próximo a superfície ou em profundidade. Passível de ser contaminada através de poços mal construídos ou danificados. Áreas onde os aquíferos Beberibe e Cabo são confinados.

Também corresponde as áreas ocupadas pelos sedimentos pouco permeáveis das formações Barreiras e Cabo, pelas rochas alteradas ou não do embasamento pré-cambriano e pelos calcários das formações Gramame e Maria Farinha, onde a água subterrânea ocorre em volume reduzido e localizado. Essa região de vulnerabilidade baixa necessita de estudos hidrogeológicos prévios quando se pretender implantar qualquer atividade geradora de resíduos poluentes.

d) Vulnerabilidade Desprezível

Corresponde as áreas desprovidas de condições viáveis em água subterrânea explotável, em virtude da sua ausência ou da qualidade química. São as áreas ocupadas pelas rochas intrusivas vulcânicas não fraturadas ou ocupadas por mangues.

Como resultado deste trabalho apresenta-se em cartograma as áreas de risco de contaminação segundo os critérios já discutidos.

As áreas de risco são assim definidas:

- a) Risco Máximo Corresponde a zona urbana, sem saneamento ou com saneamento inadequado, situadas em áreas de vulnerabilidade alta.
- b) Risco Alto Corresponde a zona urbana com saneamento adequado ou contendo parque industrial, situados em áreas de vulnerabilidade moderada ou elevada.
- c) Risco Moderado Correspondente as áreas de vulnerabilidade alta, moderada ou baixa ocupadas por pequenas concentrações habitacionais, zona urbana com saneamento adequado ou zona urbana desprovida de saneamento adequado, respectivamente.
- d) Risco Baixo São as áreas de vulnerabilidade moderada ou baixa ocupadas por pequenas concentrações habitacionais ou zonas urbanizadas com saneamento adequado.

2.2.1 - Mapa Hidrogeológico Simplificado

Este mapa (Figuras 7 e 7A) constitui o embasamento de todos os resultados discutidos quanto a vulnerabilidade dos aquíferos e riscos das águas subterrâneas. Indica as características hidrogeológicas dos aquíferos, no que concerne a porosidade e permeabilidade das rochas e a profundidade da zona saturada com água explotável. São representados também a maioria dos poços tubulares profundos da COMPESA, que captam água do Aquífero Beberibe para abastecimento urbano, bem como as curvas isopotenciais deste aquífero no ano de 1987. Estão delimitadas ainda as áreas sem aquífero ou com ocorrência da água subterrânea em volume reduzido e localizado.

3- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme o exposto, conclui-se que:

- a) O principal aquífero da RMR, Beberibe Inferior, está protegido da contaminação da superfície por camadas impermeáveis confinantes. Contudo, poços mal construídos, abandonados ou danificados podem constituir pontos de vulnerabilidade à contaminação das águas desse aquífero;
- b) Os aquíferos livres, com nível freático próximo a superfície, explotados para abastecimento domiciliar, ocorrem ocupando extensas áreas, com elevada vulnerabilidade à contaminação de suas águas;
- c) As áreas de aforamento e de recarga do aquífero principal, com elevada vulnerabilidade natural, estão expostas à ação de agentes poluentes. Em alguns locais, já ocorre carga contaminante de potencial moderado a elevado.

Sendo as águas subterrâneas um recurso estratégico, merecedor de proteção contra agentes nocivos e ações prejudiciais, recomenda-se a adoção da seguinte estratégia preservacionista:

- Atenuar os efeitos danosos das cargas contaminantes sobre os aquíferos;
- Evitar a deposição de carga contaminante nas áreas de elevada vulnerabilidade natural dos aquíferos;
- Estabelecer zonas de proteção especial em torno dos poços tubulares para abastecimento urbano;
- Estabelecer controle sobre a perfuração de poços tubulares profundos, a fim de evitar poços mal construídos, abandonados ou danificados que possam contaminar as águas do aquífero;
- Identificar e eliminar os possíveis pontos de contaminação do aquífero confinado.

Finalmente é imprescindível que as medidas de proteção das águas sejam consolidadas em legislação própria e que, a necessidade da preservação dos aquíferos e sua condição de bem estratégico seja transmitida à população através de campanhas educativas.

A ocupação do solo, orientada pelo Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas garantirá a preservação do recurso natural mais importante: A Água Subterrânea.

BIBLIOGRAFIA

BATISTA, R. P. *Estudo hidrogeológico da planície do Recife-PE*. Recife, 1984. 157p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 1984.

COMPANHIA PERNAMBUCO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - CPRH. *Análise dos problemas de utilização de água subterrânea na Região Metropolitana do Recife*. Recife, 1994. 46p.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA. *Plano Diretor de Abastecimento D'água-RMR (PDAA)*. Recife, 1986. 74p.

FOSTER, S. D., HIRATA, R.C., ROCHA, G. A. Riscos de poluição de águas subterrâneas: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, 1988, São Paulo. *Anais*. São Paulo: ABAS, 1988, 279p. ii. p.175-185.

FRANÇA, H.P.M. de, VASCONCELOS NETO, B. G. M., ANDRE, H.O., CIRILO, J. A., CABRAL, J. J. S. P. Análise preliminar do comportamento hidrodinâmico e da intrusão marinha no Aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife. In: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 1, 1988, Recife. *Anais*. Recife: ABAS, 1988. 194p. il. p.59-72.

OLIVEIRA, R.G. de. Interpretação tectono-estrutural da área sedimentar da Região Metropolitana do Recife com base no mapa gravimétrico Bouger. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15, 1993. Natal. *Atas*. Natal: SBG, 1993. 382p. il. p. 85-87.

Número publicado na SÉRIE RECURSOS HIDRICOS Volume 1 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas



A. Beira Rio, 45 - Madalena - Recife - PE
CEP.: 50.610-100
Telefone: (081) 227.0277 - Fax: (081) 228.2142