Tombo 32.134

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL
DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE
PROJETO SINGRE II

ATIVIDADES IMPACTANTES SOBRE O MEIO AMBIENTE DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Série Degradação Ambiental - Volume 02

Coordenação e Organização
Hortencia M. B. de Assis
Pedro Augusto dos S. Pfaltzgraff

PROJETO SINGRE

CPRM
BIBLIOTECA

Recife
2001

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

José Jorge de Vasconcelos Lima
Ministro de Estado

Luiz Gonzaga Leite Perazzo
Secretário Executivo

Luciano de Freitas Borges
Secretário de Minas e Metalurgia

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Umberto Raimundo Costa
Diretor-Presidente

Luiz Augusto Bizzi
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

Paulo Antônio Carneiro Dias
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

Alfredo de Almeida Pinheiro Filho
Diretor de Administração e Finanças - DAF

Cássio Roberto da Silva
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Regina Célia Gimenez Arnesto
Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Marcelo Soares Bezerra
Superintendente Regional do Recife

Equipe Técnica

Enjôlras de A. Medeiros Lima
Gerente de Hidrologia
e Gestão Territorial

Ivo Figueirôa
Gerente de Relações Institucionais
e Desenvolvimento

Pedro Augusto dos S. Pfaltzgraff
Supervisor de Gestão Territorial

Equipe Executora
Carlos Eugênio da S. Arraes
Jorge L. F. de Miranda
Waldir D. Costa Filho

Coordenação e Organização
Hortencia Maria. B. de Assis
Pedro Augusto dos S. Pfaltzgraff

Editoração Eletrônica
Claudio Scheid

Analista de Informações
Dalvanise da Rocha S. Bezerril

Coordenação Editorial
Serviço de Edição Regional Luciano Tenório de Macêdo
Avenida Sul, 2291 - Afogados - CEP 50770-011 - Recife - PE

Assis, Hortencia M. B. de
Atividades impactantes sobre o meio ambiente da Região Metropolitana do Recife/ Coordenação e Organização de Hortencia M. B. de Assis; Pedro Augusto dos S. Pfaltzgraff. Recife: CPRM, 2001.
81p. il. (Série Degradação Ambiental, 2).

"Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife. Projeto Singre II".

1. Impacto Ambiental
2. Meio Ambiente
3. Brasil
4. Pernambuco
I. Pfaltzgraff, Pedro Augusto dos S.
II. CPRM - Serviço Geológico do Brasil
III. Título

CDD 301.31

Capa: Imagens da esquerda para a direita, em sentido horário: mangue em estado natural (Ipojuca), mangues em início de processo de degradação (Ipojuca), vegetação natural degradada (Recife), municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR).

Permitida a reprodução desde que mencionada a fonte

Apresentação

A crescente urbanização nas Regiões Metropolitanas tem sido acompanhada por um número ascendente de problemas de desequilíbrios ambientais, o que constitui, para os gestores públicos, um grande desafio na política de planejamento da ocupação do solo, dentro dos parâmetros do almejado desenvolvimento sustentável.

Diversos trabalhos têm sido executados por instituições públicas e privadas para o diagnóstico ambiental da ***Região Metropolitana do Recife (RMR)****. Entretanto, os dados e informações encontram-se dispersos espacial e temporalmente, dificultando o acesso a seu uso, em tempo ágil.*

Diante desse quadro, a ***CPRM - Serviço Geológico do Brasil*** *resolveu, através do* ***Projeto SINGRE II (Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife)****, executar um trabalho de integração de informações referentes às atividades impactantes ao meio físico, acrescido de uma análise interpretativa e direcionada à linguagem de planejadores e gestores.*

O presente relatório se constitui em um importante subsídio aos administradores municipais da Região Metropolitana do Recife, bem como a órgãos afins que executam atividades na área ambiental, especialmente por apresentar em um só documento, o tratamento dos principais produtos atuais, referentes ao tema.

Como evidência deste trabalho, destaca-se a cartografia das informações e dados, suprimindo uma antiga lacuna existente, apresentando-se portanto, como instrumento proeminente na tarefa de solucionar os problemas decorrentes da inter-relação entre as ações antrópicas e a natureza física da região.

Sumário

1 - INTRODUÇÃO 01

2 – REGIÃO METROPOLITANA 04
2.1 Definição e Histórico 04

3 – RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS 05
3.1 Clima 05
3.2 Ocorrências dos Recursos Hídricos Superficiais 05
3.2.1 Bacias Hidrográficas 09
3.2.2 Lagoas 10
3.2.3 Estuários 11
3.2.4 Barragens 12
3.3 Uso Extensivo e Seus Impactos 13
3.3.1 Atividades Impactantes Negativas 14
3.3.2 Atividades Impactantes Positivas 20
3.4 Legislação 24

4 – RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS 28
4.1 Caracterização Geológica 29
4.2 Aqüíferos 32
4.3 Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas 38
4.4 Abastecimento por Poços 41
4.5 Impactos nas Águas Subterrâneas 42
4.6 Legislação 46

5 - VEGETAÇÃO 48
5.1 Caracterização 48
5.2 Atividades Impactantes 48
5.2.1 Desmatamento 48
5.3 Legislação 50

6 – CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS E USO DO SOLO NA RMR 51
6.1 Relevo 51
6.2 Processos Impactantes 52
6.2.1 Desmoronamentos/Deslizamentos 52
6.2.2 Erosão 55
6.3 Atividades Impactantes 57
6.3.1 Disposição de Resíduos Sólidos 57
6.3.2 Mineração 64
6.3.3 Obras de Engenharia 68
6.3.4 Agricultura 72

7 – CONCLUSÕES 75

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

ANEXOS

I - Introdução

A Região Metropolitana do Recife (RMR) perfaz uma área de 2.742,4 km^2, o que equivale a 2,82% do Estado de Pernambuco. Embora totalizando um pequeno percentual do Estado, a população que a região abriga, de 3.350.654 habitantes, corresponde à aproximadamente 40% do total do Estado, segundo censo do IBGE, de 2001.

Quatorze municípios fazem parte da RMR. Recife, o principal deles, encontra-se no meio da Região Metropolitana e, coincidentemente, a divide em duas sub-regiões geologicamente distintas e, portanto, com aptidões naturais e respostas ao manejo do meio físico, também diferenciadas. Esta característica natural favorece a subdivisão geográfica da área em duas partes: Região Metropolitana - parte Norte, englobando os municípios de Araçoiaba, Igarassu, Itapissuma, Itamaracá, Paulista, Olinda, Abreu e Lima, Camaragibe, São Lourenço da Mata e a capital do Estado, Recife; e a Região Metropolitana - parte Sul, formada pelos municípios de Moreno, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho.

Na parte norte da RMR os problemas ambientais residem, especialmente, no uso extensivo dos recursos hídricos superficiais e no desencadeamento dos processos erosivos, decorrentes do uso não sustentado da região de transição, onde atuam fenômenos concomitantes tanto do ambiente continental como marinho.

A parte sul apresenta uma vocação maior para o turismo o que intensifica o comércio e a indústria imobiliária, gerando problemas de ocupação sem o suporte de uma infra-estrutura urbana básica, como saneamento e drenagem. As indústrias e a atividade agrícola também concentram-se na parte sul da RMR, e os problemas ambientais oriundos destes empreendimentos necessitam de um monitoramento sistemático.

A água hoje na RMR, como em todas as regiões do Estado de Pernambuco, é um bem natural escasso, em função do seu uso para fins diversos, gerando impactos ambientais que afetam desde a saúde da população até o desenvolvimento regional.

O impacto ambiental é classicamente associado à atividade antrópica, como bem especifica o Artigo 1º da resolução nº 001 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), datado de 23/01/86:

"Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam:

- ✓ a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- ✓ as atividades sociais e econômicas;
- ✓ a biota;
- ✓ as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e
- ✓ a qualidade dos recursos ambientais. "

Para se avaliar os impactos ambientais decorrentes da ação humana, precede uma compreensão maior da dinâmica da região, que se faz através do conhecimento das principais atividades, potencialmente impactantes. É necessário, entretanto, ampliar o conceito de impacto, para melhor adequá-lo à política de desenvolvimento tecnológico e social vigente.

Assim, os impactos ambientais devem ser vistos sob a ótica do desenvolvimento sustentável, onde a avaliação do impacto deve ponderar os aspectos positivos e negativos das atividades do homem. Dentro deste contexto, no trabalho em pauta, o entendimento de impactos ambientais é tratado, na sua essência, segundo a deliberação CECA (Conselho Estadual de Controle Ambiental), do Rio de Janeiro, nº 1078, de 25/06/87.

De acordo com esse Conselho, existem treze categorias de impactos, as quais levam em consideração, entre outras, a ação induzida por um projeto, interpretando se o efeito do impacto é direto ou indireto. Também, considera-se a extensão do efeito da intervenção, neste caso, qualificando o impacto de regional ou local.A análise temporal é de igual forma expressa, quando o efeito do impacto é imediato, de médio ou longo prazo, temporário ou permanente.

Genericamente classificam-se os impactos como positivos ou negativos, se a ação resulta em uma melhoria relevante ou um dano significativo.

Finalmente, se o efeito do impacto se apresenta de forma cíclica, ou tem caráter reversível ou trata-se de um empreendimento essencial à melhoria e desenvolvimento social, sendo, neste último caso, um impacto estratégico.

Neste trabalho, são assim retratadas as principais atividades humanas na Região Metropolitana do Recife, as quais desencadeiam alterações nos processos naturais, causando assoreamentos e eutrofização nos recursos hídricos, destruição de fauna e flora, mudanças na fertilidade, salinização e acidificação do solo, acúmulo de resíduos agroquímicos e mudanças na qualidade da água.

Espera-se contribuir, através deste diagnóstico, para o gerenciamento correto do uso do solo e desenvolvimento da região.

A Região Metropolitana do Recife em números

Município	Área (km^2)	População		Habitantes (Total)	Atividade econômica predominante**	Esgotamento sanitário**	Produção de lixo** (t/dia recolhidas)
		Urbana	Rural				
Abreu e Lima	128,5	77744	11347	89091	Indústria	35%	163
Cabo de Santo Agostinho	446,5	134356	18480	152836	Indústria	12%	199
Camaragibe	48,1	128627	0	128627	Comércio e serviços	3%	152
Igarassu	302,9	752254	6539	81793	Agroindústria, indústria e turismo	1%	141
Ilha de Itamaracá	65,1	12930	2924	15854	Pesca e turismo	0%	24
Jaboatão dos Guararapes	256,2	567717	13078	580795	Agroindústria, indústria comércio e serviços	30%	967
Moreno	191,3	38269	10900	49169	Cana de açúcar, indústria e comércio	0%	52
Olinda	37,9	361323	7343	368666	Turismo, comércio, serviços e produção artística	36%	s/i
Paulista	101,8	262072	0	262072	Indústria e turismo	45%	466
Recife	217,8	14211993	0	1421993	Serviços, comércio e indústrias	32%	3410
São Lourenço da Mata	263,3	83496	6848	90344	Cana de açúcar, comércio e metalurgia	12%	169
Itapissuma	73,9	16330	3803	20133	Agroindústria, indústria e pesca artesanal	0%	28
Ipojuca	512,6	40269	18961	59230	Agroindústria, indústria turismo e serv. portuários	0%	63
Araçoiaba	96,5	12440	2661	15101	Cana de açúcar e comércio	0%	19
Total*	**2742,4**	**3232820**	**84404**	**3350654**			**5853**

Fontes: * Fundação IBGE (Online, 2001) ** Jornal do Commercio (Online, 2001).

2 - Região Metropolitana

2.1 Definição e Histórico

A Região Metropolitana do Recife (RMR) foi criada pela Lei Complementar Número 14, de 8 de junho de 1973, que criou também outras sete Regiões Metropolitanas (São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza). Originalmente a RMR era constituída pelos municípios do Recife, Cabo, Igarassu, Itamaracá, Jaboatão, Moreno, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata.

Posteriormente, os municípios de Paulista, Igarassu e São Lourenço da Mata foram desmembrados, gerando quatro novos municípios (Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe e Itapissuma) e foi incorporado o município de Ipojuca (situado ao sul do município do Cabo de Santo Agostinho). Atualmente a RMR é formada por 14 municípios (**Figura 1**). A lei que criou as regiões metropolitanas tem por objetivo facilitar a ordenação e o planejamento das áreas situadas no entorno das grandes capitais e, intrinsecamente ligadas a estas sob o ponto de vista de comércio, serviços e outras atividades.

Em 1994, a Lei Estadual número 10/94, redefiniu a RMR no intuito de integrar o planejamento e execução das funções públicas de interesse comum e instituiu o sistema gestor metropolitano, com o objetivo de promover a integração e dar apoio aos agentes responsáveis pela execução das funções públicas de interesse comum, tais como: planejamento global e setorial, execução de obras e operação dos serviços públicos, financiamentos, supervisão, controle e avaliação da ação pública metropolitana.

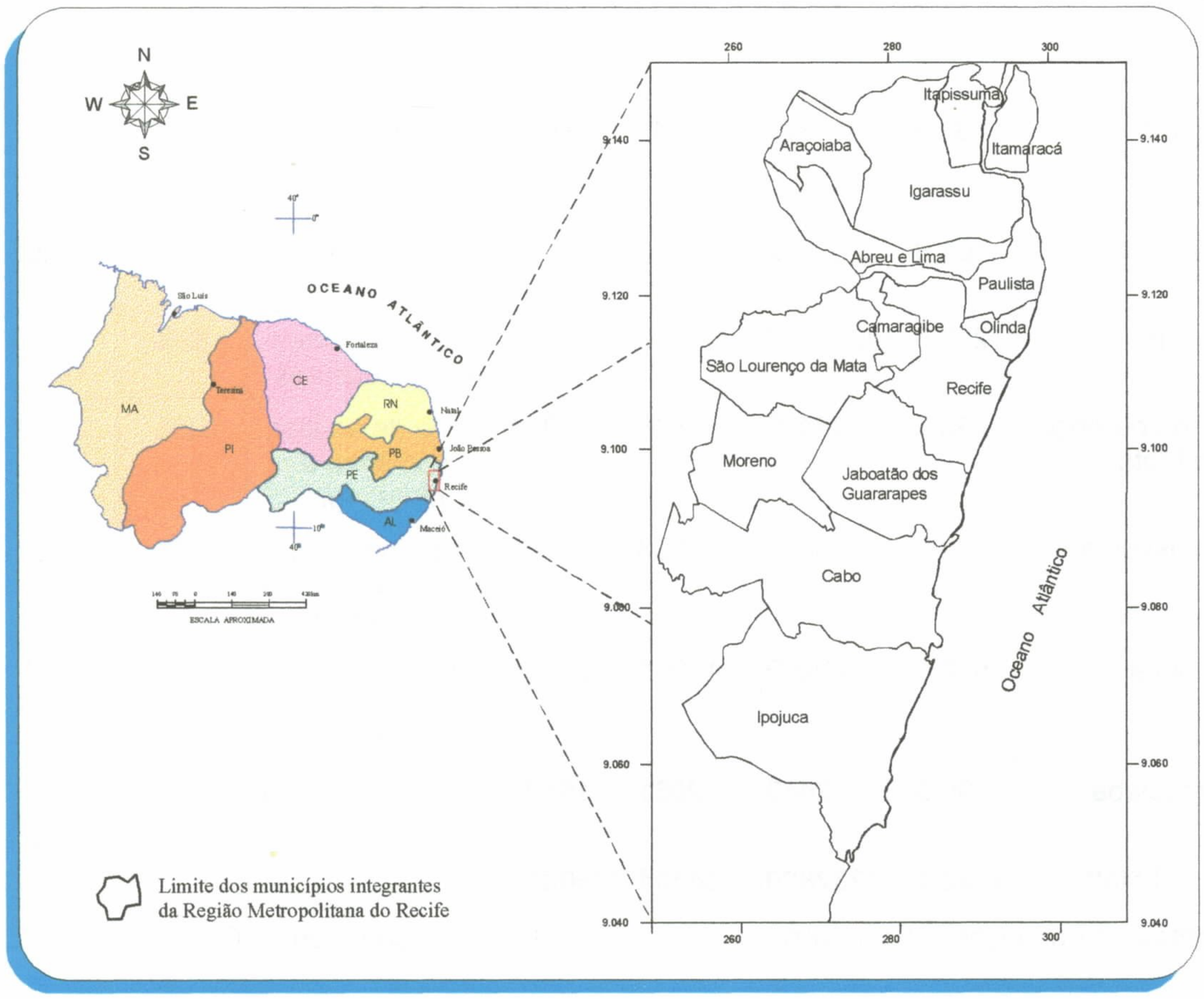


Figura 1 - Localização da Região Metropolitana do Recife

3.1 Clima

A RMR apresenta, segundo a classificação climática de Köppen, dois tipos de climas, o As' e o AMs' (SUDENE, 1978).

Na parte norte da RMR a partir, aproximadamente, do norte do município de Olinda, o clima é o As' com temperaturas altas, estação seca mais demorada e chuvas em período mais definido (março a julho). Dos municípios de Olinda e Recife para o sul o clima é o AMs', quente e úmido com chuvas durante quase todo o ano e com uma estação seca menor (outubro-dezembro).

Ao abordar-se temas como recursos hídricos na Região Metropolitana do Recife, deve-se considerar que os fenômenos naturais como estiagens relacionados às variações climáticas tornam estes recursos mais vulneráveis às atividades impactantes. Fenômenos como a seca escondem sob uma aparente ocorrência aleatória, tendências e ciclos que se manifestam temporal e regionalmente. O entendimento das tendências e dos ciclos hidrometeorológicos é fundamental à compreensão das anomalias climáticas.

Tendências são as propensões ou inclinações das grandezas hidrometeorológicas (temperaturas e precipitações) a aumentarem ou diminuírem no tempo. Como exemplo de tendência tem-se o aumento da temperatura média global, decorrente do efeito estufa.

Os ciclos, por sua vez, são fenômenos que se sucedem repetidamente, como as estiagens. As estiagens e as enchentes no Nordeste brasileiro são cíclicas e dependem da circulação do ar em altitude no oceano Pacífico e no oceano Atlântico, afetando diretamente a Região Metropolitana do Recife.

A formação de chuvas, essencialmente, dá-se pelo transporte por ascensão do ar úmido e mais quente para os níveis superiores da atmosfera, onde é resfriado, tendo sua umidade condensada, transformada em microgotículas de água, que constituem as nuvens. Sob determinadas condições, estas gotículas se aglutinam, têm o seu peso aumentado e caem constituindo a chuva. A ascensão desta massa de ar úmida e quente é devida ao fato de ser menos densa que a camada de ar sobrejacente. O fato de ser menos densa e estar em ascensão, caracteriza a pressão ao nível do mar (**PNM**) no local como baixa. O movimento de ascensão do ar quente, menos denso e com baixa pressão ao nível do mar é conhecido por convecção.

Um dos mecanismos de formação de chuvas no Nordeste é a Zona de Convergência Intertropical (**ZCIT**) que, por sua vez, é uma faixa de alta nebulosidade, caracterizada por pressões baixas, atravessando o Oceano Atlântico da costa africana até o Nordeste brasileiro. A ZCIT é dotada de alta umidade e correntes de convecções que produzem chuvas. Sua posição é instável, migrando de 4° N (Estado do Amapá) em janeiro, para 8° S (Estado de Pernambuco) em março; retornando ao extremo norte do país em junho (Tubelis e Nascimento, 1992). O seu deslocamento para o Estado de Pernambuco deve-se, em grande parte, às baixas pressões associadas às convecções no Nordeste relacionadas com o Dipolo do Atlântico e a Oscilação Sul, produzindo chuvas de fevereiro a maio.

O Dipolo do Atlântico é caracterizado por diferenças anômalas de temperaturas entre o Atlântico Tropical Norte e o Atlântico Tropical Sul, e por um diferencial de pressões ao nível do mar nestas regiões oceânicas. Esta diferença de pressões influencia o posicionamento da ZCIT, deslocando-a para as regiões de pressões mais baixas (Clivar, *on line*, 1999).

A base observacional de coletas de dados para o Dipolo do Atlântico é esparsa e depende das observações de navios e medidas de temperaturas da superfície do mar (TSM) estimadas por satélite (Nobre, 1999). Contudo, existem evidências observacionais e teóricas de que o Dipolo do Atlântico regula as variações climáticas com o período aproximado de uma

década, sobre o Nordeste do Brasil, conjuntamente com as variações interanuais da Oscilação Sul do Pacífico.

Segundo Molion (1989), normalmente, as águas do Pacífico Ocidental **(Pacífico Oeste)**, que banham a Indonésia e o norte da Austrália, são mais quentes (menores PNM's) do que as águas que banham o Pacífico Centro-Oriental **(Pacífico Centro-Leste)** no Tahiti, na Polinésia Francesa (maiores PNM's). Isto faz com que o ar mais quente sobre a região ao Norte da Austrália ascenda e, ao alcançar altitudes de 12.000 m, migre para o leste, descendo sobre as vizinhanças do Tahiti, onde eleva a pressão atmosférica (**Figura 2A**).

A região onde ocorre a ascensão, possui uma pressão ao nível do mar (PNM) baixa, pois o ar mais quente é menos denso. A região onde ocorre a descida possui uma pressão ao nível do mar mais alta.

Este modelo de circulação do ar, em altitude, pode ser intensificado na medida em que o oceano Pacífico ao Norte da Austrália torna-se mais quente, aumentando a ascensão e o transporte da massa de ar para o Tahiti (**Figura 2A**). Inversamente quando o Pacífico na Indonésia desaquece-se, a circulação reverte com o ar ascendendo no Tahiti e descendo sobre a Austrália (**Figura 2B**).

Quando a massa de ar desce sobre o Pacífico Oeste ao Norte da Austrália, ocorre concomitantemente, um aquecimento das águas do Pacífico Tropical da vizinhança da costa peruana até o Pacífico Centro-Oeste (**Figura 2B**). Este aquecimento é mais perceptível em dezembro, tendo sido inicialmente denominado pelos pescadores peruanos como ***El Niño***, referindo-se ao menino Jesus na época natalina. Ocorrendo o inverso, um esfriamento, temos o ***anti-El Niño*** ou ***La Niña***, caracterizado pelo transporte intensificado do ar em altitude da Indonésia para o Tahiti (**Figura 2A**). Neste processo quando a PNM diminui ao norte da Austrália, simultaneamente sobe no Tahiti e vice-versa.

Esta oscilação de pressões ao nível do mar nos dois lados do oceano Pacífico, caracterizando uma "gangorra barométrica", configura o fenômeno Oscilação Sul (OS).

Os dois modelos de circulação do ar, em altitude, descritos (células de circulação) induzem outras "gangorras" barométricas contíguas. Temos correlacionadas à célula Norte-da-Austrália-Tahiti uma outra célula de circulação que parte da costa peruana e termina no Nordeste brasileiro. Esta célula é responsável em 70% dos casos do **El-Niño**, pela ocorrência de secas no semi-árido nordestino (FUNCEME *on line*, 1998) (**Figura 2B**). No ***El-Niño*** o ar desce sobre o Nordeste brasileiro inibindo as chuvas e no ***La Niña*** a circulação reverte com a ascensão do ar no semi-árido nordestino, favorecendo as chuvas. Estes movimentos descensionais e ascensionais são induzidos pela grande célula de circulação de ar no Pacífico, que é monitorada pelas estações meteorológicas de Darwin, no Norte da Austrália, e do Tahiti, na Polinésia Francesa.

Com o regime de precipitação no Nordeste brasileiro dependente da Oscilação Sul é de esperar que seja importante o conhecimento da sua medição. O Índice de Oscilação Sul (IOS) permite a estimativa de uma previsão com base no comportamento seqüencial dos seus valores mensais.

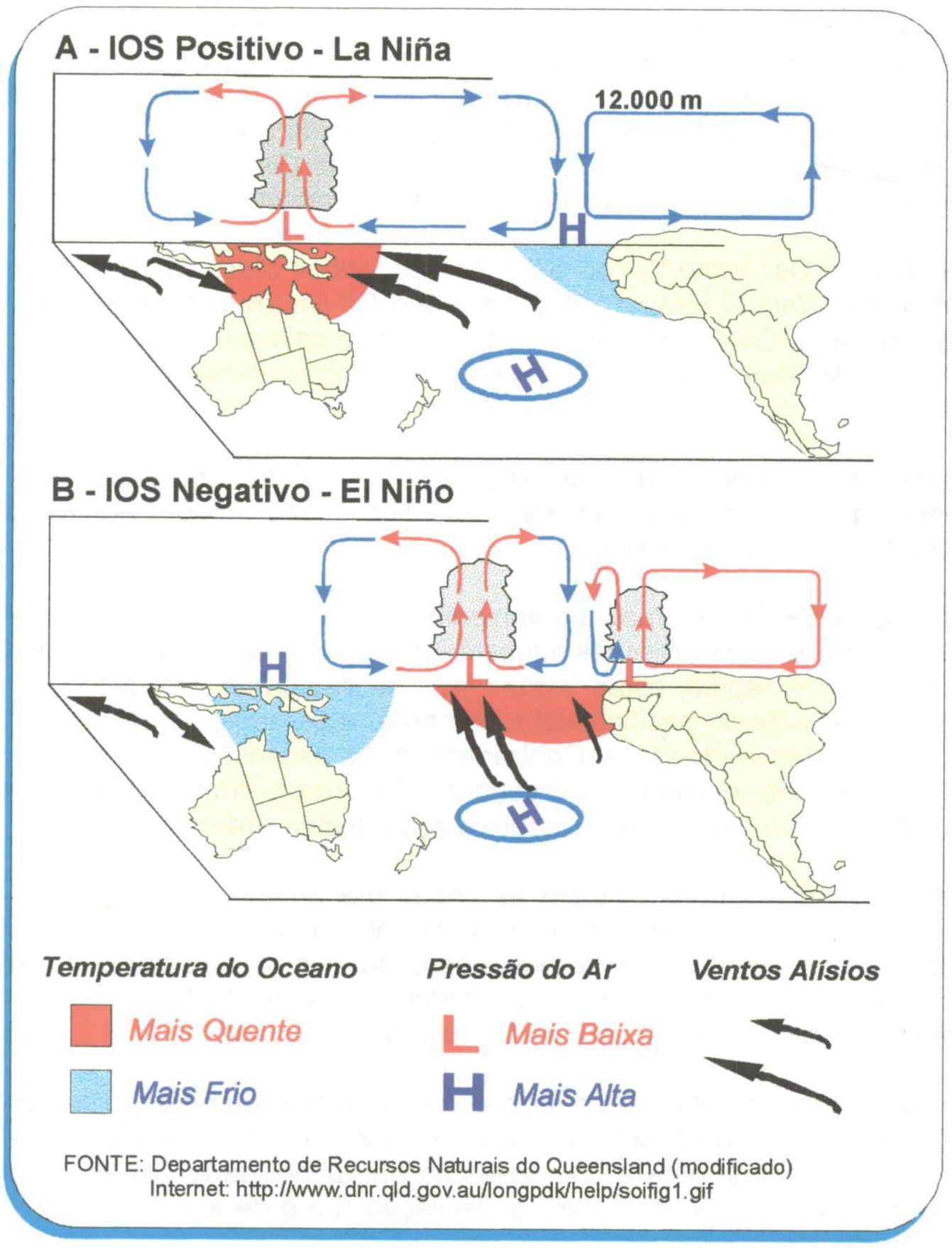


Figura 2 - Relação do índice de oscilação Sul com o clima

A sua estimativa segundo o *Australian Bureau of Meteorology* é calculada pela seguinte fórmula:

$$IOS = 10 \times \frac{[Pdiff - Pdiffave]}{SD\ (Pdiff)}$$

Onde: Pdiff = Tahiti MSLP-Darwin MSLP no mês.

MSLP = Média das pressões atmosféricas, medidas ao nível do mar, no mês.

Pdiffave = Média mensal de longo período (série de vários anos) da Pdiff para o mês em questão.

SD (Pdiff) = Desvio padrão das diferenças entre as pressões atmosféricas ao nível do mar entre o Tahiti e Darwin para cada mês.

10 = coeficiente que transforma os resultados em números inteiros, sendo mais fácil a visualização do fenômeno na série obtida.

O Índice de Oscilação Sul varia entre -30 e + 30. Quando ele é negativo e inferior a -10 após quatro a cinco meses, é aumentada substancialmente a probabilidade de ocorrência de diminuição das chuvas no Nordeste. Se o IOS é superior a +10 após quatro a cinco meses configura-se um quadro que favorece o aumento das chuvas no Nordeste brasileiro. Isto dá-se, pelo fato de que, estatisticamente, as flutuações da temperatura da superfície do Atlântico com "causa" ou induzida pelo ENSO têm um atraso ou retardo (lag) em relação a este de quatro-cinco meses. (Einfeld e Meyer, 1997, citados no *Atlantic Climate Variability* (Marshal, Kushnir, Chang et al., disponíveis em http://geoid.mit.edu/accp/avehtml).

O Índice de Oscilação Sul ou *Southern Oscillation Index* (SOI) é fornecido via Internet pelo *Department of Natural Resources Queensland On-line* (http://www.dnr.qld.gov.au/longpdk) diária e mensalmente. Os dados diários servem para o cálculo do IOS ou SOI mensal. O *Australian Bureau of Meteorology* (http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtml.shtml) fornece o SOI mensal.

Os distúrbios ou ondas de leste são propagações de nebulosidades geradas no continente africano, que atravessam o Oceano Atlântico ocasionando, frequentemente, precipitações no leste do Nordeste brasileiro.

A chegada das frentes frias, provenientes do sul do continente sulamericano, ao Nordeste brasileiro, depende das pressões atmosféricas ao nível do mar nesta região. Se elas forem relativamente altas na região, estas frentes frias se dissiparão sem alcançá-la. A descida da massa de ar proveniente do pacífico leste, aumenta as pressões ao nível do mar no Nordeste, inibindo a chegada das frentes frias. Contrariamente, a ascensão da massa de ar, alimentando a circulação em altitude, estimula a propagação das frentes frias sobre o Nordeste. Portanto, existe uma influência da Oscilação Sul sobre a ação destes sistemas frontais.

Além das frentes frias, existem as brisas marítimas que sopram de dia, do oceano (mais frio - PNM alta) para o continente (mais quente - PNM baixa) gerando chuvas próximas ao litoral nordestino, acentuadamente nos meses do inverno, quando a diferença das temperaturas do oceano e do continente é maior. Portanto, a uma PNM mais baixa induzida pelo ***La Niña***, maior será o favorecimento para as brisas marítimas.

Desta abordagem, depreende-se que são da maior importância os estudos das interações da Oscilação Sul e do Dipolo do Atlântico entre si e sobre a ZCIT e a propagação no Nordeste das frentes frias, para a compreenção da variabilidade climática no Nordeste. Esta variabilidade climática é interanual para a Oscilação Sul e de longo período (decenal) para o Dipolo do Atlântico.

Encontra-se em fase de implantação e operacionalização o projeto multinacional PIRATA (*Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*) que melhorará o conhecimento das anomalias de temperatura da superfície do Atlântico Tropical, assim como de outras variáveis importantes para a previsão da variabilidade climática decenal no Nordeste. Este projeto tem a importante participação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que integra o grupo de estudos do CLIVAR (*Climate Variability and Predictability*). O CLIVAR congrega um grupo de cientistas ao qual fazem parte o ORSTOM (França), o NOAA (E.U.A.) e outros centros de pesquisas e universidades. A importância de tal evento é o aperfeiçoamento das previsões das secas (ciclos das estiagens) no Nordeste do Brasil (PIRATA *on line*, 1999).

Os ciclos das estiagens são melhor compreendidos e pode-se estimar, com maior segurança as suas previsões, preparando-se a comunidade para enfrentá-los. Com estas previsões, planeja-se melhor as atividades de plantio e todas aquelas que dependem das chuvas. O controle dos volumes acumulados nas barragens é mais facilmente administrado, assim como as medidas de racionamento. Previne-se a eclosão e propagação de epidemias que estão associadas à queda da qualidade das águas das baixas vazões dos rios, como o cólera.

Os problemas que a RMR enfrenta com a seca provêm, essencialmente, das condições de precipitação nas bacias hidrográficas da própria RMR e, um pouco a Oeste, ainda na zona da mata. Para a bacia do Capibaribe, a ocorrência destas condições é determinante no seu baixo curso, principalmente do município de Limoeiro até a foz. Isto porque as drenagens das represas ou lagos de barragens que abastecem a região situam-se, total ou parcialmente, na própria RMR. Reconhece-se, como já citado, que estas condições são influenciadas por fatores climatológicos externos a esta região (Oscilação Sul) e Dipolo do Atlântico (Atlântico Equatorial Norte e Sul).

3.2 Ocorrências dos Recursos Hídricos Superficiais

3.2.1 Bacias Hidrográficas

Segundo Viessman, Harbaugh, Knapp (*In:* Villela e Mattos, 1975) "a Bacia Hidrográfica, é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída".

A RMR é constituída por bacias drenadas por um rio principal ou por um grupo de rios menores onde, neste caso, recebem a denominação de **GL**. A sigla **GL** significa grupo de pequenos rios litorâneos, sendo nomenclatura consagrada e conhecida nos meios profissionais da geografia e hidrologia.

Temos para a RMR parte Norte, duas bacias de grandes rios, **Goiana** e **Capibaribe**, e duas bacias de pequenos rios litorâneos a **GL-1** e a **GL-2**. A primeira engloba um conjunto de sete bacias que ocupam, em área, a maior porção da RMR - parte Norte e a segunda, é representada por uma fração da bacia urbana do rio Tejipió, inclusive seu estuário, e por uma pequena parte da bacia do rio Jaboatão (porção da drenagem da barragem Duas Unas).

Para a RMR parte Sul, destacam-se três bacias de grandes rios, **Capibaribe**, **Ipojuca** e **Sirinhaém**, e duas bacias de pequenos rios litorâneos a **GL-2** e a **GL-3**. A GL-2 em se tratando de uma abordagem da RMR e, tendo-se em vista a importância relativa dos seus rios, foi subdividida nas bacias dos rios Tejipió, Jaboatão, Pirapama e Massangana. A GL-3 é constituída pelas drenagens dos rios Merepe e Maracaípe, que não apresentam entre si um divisor de água bem definido.

A bacia do rio Capibaribe é de grande importância para a RMR e, em especial, para a cidade do Recife. O rio corre a montante, na RMR, encaixado em falhas o que confere, em alguns trechos, a falsa impressão de retificação. A bacia, nos últimos anos, tem sido muito estudada visando assegurar a eficiência do controle das cheias, manutenção do abastecimento de água para a população, além da viabilização da sua navegabilidade no seu curso inferior. Na parte Norte da RMR, a jusante do bairro da Várzea até a foz, foram executadas retificações no intuito de aumentar a velocidade do fluxo na calha, impedindo extravasamentos das águas nas grandes precipitações.

As bacias que compõem o grupo de pequenos rios litorâneos GL-1, são a do Arataca, do Botafogo, do Jaguaribe (microbacia), do Igarassu, do Timbó, do Paratibe e do Beberibe. As bacias do Botafogo e do Beberibe recebem um particular destaque por se tratarem, respectivamente, de uma bacia ocupada essencialmente, pela agroindústria canavieira e por ser uma bacia tipicamente urbana. Enquanto que a microbacia do Jaguaribe tem sua importância restrita ao turismo da ilha de Itamaracá.

As bacias que compõem o grupo de pequenos rios litorâneos GL-2 são a do Tejipió, do Jaboatão, do Pirapama e do Massangana. As duas primeiras também reúnem centros urbanos significativos como parte Sul da cidade do Recife e a cidade de Jaboatão dos Guararapes.

Por outro lado, a bacia do Massangana é importante sob o ponto de vista turístico, por apresentar uma atraente vista do promontório do Cabo de Santo Agostinho.

As bacias que compõem o grupo de pequenos rios litorâneos GL-3, são a do rio Merepe e a do rio Maracaípe. Possui uma área de 116km^2 e está contida inteiramente no município de Ipojuca. Corresponde às áreas de drenagens dos rios Merepe e Maracaípe. É tipicamente uma pequena bacia litorânea, com uma boa parte da sua drenagem sujeita ao efeito de maré. A montante é ocupada por canaviais, na faixa litorânea por manguezais, e, na planície de maré e terraços marinhos costeiros por coqueirais, nucleações e loteamentos. Sobre os seus terraços marinhos costeiros edificam-se os balneários do Cupe, Porto de Galinhas e Maracaípe.

A bacia do rio Ipojuca tem somente 4.47% da sua área total de 3.310 km^2 na RMR parte sul, ou seja 148km^2, sendo o restante, integrante da zona da mata e agreste. É o rio mais importante do município homônimo embora, segundo as normas em vigor do Decreto Estadual n° 7.269 de 05/06/81, a qualidade da água deste rio, para fins de abastecimento, não seja boa, requerendo no estágio atual, um tratamento mais adequado para fins de consumo humano.

A máxima vazão que pode ser mantida a jusante pelo represamento do rio e liberação controlada dos volumes (vazão regularizada teórica) de acordo com estudo já apresentado (Arraes, 1998) é de 9.0 m^3/s,correspondendo à vazão média de longo período (média em um intervalo dos últimos anos das vazões médias mensais). Esta vazão é excedida somente em 27% do tempo do período estudado.

A bacia do rio Sirinhaém possui considerável área alagada sujeita ao efeito de maré. Constatou-se, em 1997, no terraço marinho de Feiteira, drenagem do rio Sirinhaém, uma extração informal de areia com retirada por caminhões, muito próxima ao manguezal.

3.2.2 Lagoas

A Região Metropolitana do Recife possui em destaque, na parte Sul, a Lagoa Olho d'Água. Trata-se de um corpo lagunar conectado ao mar através do Canal Olho d'Água. Está inclusa na microbacia da lagoa Olho d'Água, que pertence à bacia do Rio Jaboatão (GL-2). O canal Olho d'Água foi retificado na época em que havia um surto de malária na região. E hoje, é quem mantém a lagoa viva, permitindo o fluxo e refluxo das águas. No entorno da lagoa vive uma comunidade de baixa renda, inclusive de pescadores artesanais, que se beneficiam com a pesca, principalmente, no período chuvoso, de junho a agosto, quando os níveis das águas do estuário do Jaboatão estão mais altos, forçando a penetração no canal Olho d'Água de maiores volumes das águas estuarinas.

Ao Norte da lagoa, desemboca o canal Setúbal que, originalmente, a unia ao complexo estuarino do Capibaribe-Tejipió-Jordão, conhecido como bacia do Pina. Hoje existe um divisor de águas neste canal, caracterizado por assoreamento coberto de vegetação, nas proximidades do Comando Aéreo Regional-COMAR, no município de Jaboatão dos Guararapes. A Sul deste divisor as águas do canal drenam para a lagoa Olho d'Água e a Norte para o "rio" Jordão já muito sujeito ao efeito de maré.

O canal Setubal, retificado, é receptáculo das águas pluviais e dos esgotos dos bairros que atravessa. Na sua parte Norte, em Boa Viagem, é muito salinizado, obedecendo os seus níveis aos efeitos de maré do estuário. A Sul do COMAR, no bairro de Piedade, até a lagoa Olho d'Água, encontra-se assoreado e visivelmente mais poluído. Esta poluição alcança a Lagoa Olho d'Água que, estando sujeita ao efeito de maré do canal Olho d'Água, funciona como uma lagoa de estabilização, neutralizando a carga poluente do canal Setubal.

Cumpre salientar que a circulação das águas, mormente na parte Norte, é diminuta, ao contrário da porção Sul que se renova através do canal Olho d'Água (Assis, 1997). Por isso, o

intenso assoreamento verificado na desembocadura do canal na lagoa constitui-se em um fato preocupante que necessita de intervenção para minimizar e/ou corrigir o processo.

A lagoa Olho d'Água é, portanto, um desafio ao planejamento urbano, pois ocupa uma área muito próxima à orla marítima e detém todo um potencial imobiliário. Esperam-se medidas que conciliem os manguezais restantes, situados a Sul da lagoa, a vegetação natural e os locais de procriação das espécies com uma solução sanitária e urbanizadora.

A dragagem dos sedimentos na desembocadura do canal Olho d'Água na lagoa é essencial para manter o fluxo d'água aumentando a capacidade de renovação das águas da lagoa e permanência das condições físico-químicas, adequadas à comunidade biótica (Assis, *op. cit.*).

A Lagoa do Araçá, situada no bairro Vila Pinheiros, na cidade do Recife, é uma lagoa urbanizada importante como um modelo de urbanização e monitoramento.

Outras lagoas existentes, por não terem relevância sócio-economica, podem ser apenas citadas, como as lagoas Mingu e Maré, localizadas no estuário do rio Sirinhaém, parte Sul da RMR. A Lagoa Mingu, situa-se no Sul do município de Ipojuca, na bacia do rio Sirinhaém, encravada entre um relevo colinoso com uma saída para a planície de maré, e sempre coberta por vegetação hidrófila. A Lagoa Maré é uma acumulação de águas salinizadas em uma depressão na planície de maré da GL-3. Não existe, ao que se saiba, nenhum uso para estes corpos d'água.

3.2.3 Estuários

Entende-se por estuários os corpos d'água costeiros, semi-fechados, conectados ao mar, dentro dos quais a água do mar é diluída pela água doce oriunda da drenagem do continente (Cameron & Pritchard, 1963). Atualmente, há uma tendência moderna em conceituar o estuário como uma área que se estende da desembocadura do rio até onde finda a influência de maré, determinada pelas variações da salinidade.

No estuário interagem a vazão natural do rio (mensurável a montante do estuário), a altura de maré e o volume de água acumulado no mesmo, nas áreas alagadas. Estas amortecem os grandes efeitos de maré e vazões de cheia, por curtos intervalos de tempo.

Dependendo da morfologia do estuário, da conformação das suas áreas alagadas e dos seus canais, o fluxo das águas pode ser complexo a extremamente complexo.

Em determinadas situações de maré, proximidade da foz e vazão do rio, formam-se correntes de densidades provenientes das diferenças de salinidade que dificultam as medições de vazões no mesmo. Têm-se o fluxo para o mar, da água doce continental, fluindo por sobre a água salgada oceânica, em sentido contrário ao desta última que tenta adentrar o estuário.

O estuário como um todo também é um reservatório de sedimentos, que pode em menor ou maior escala cedê-los para o oceano.

Estudos estuarinos requerem conhecimentos batimétricos tanto das áreas alagadas como dos canais ou calhas principais do complexo estuarino. Imagens de satélites são muito importantes na delimitação dos campos de velocidades dos fluxos de água e da direção e sentido da velocidade média da pluma de sedimentos suspensos.

O estuário é importante sob diferentes aspectos:

- É uma zona de equilíbrio entre as águas continentais, representadas pelas vazões dos rios e a penetração das marés, conjuntamente com os volumes de água armazenados no estuário nas suas áreas alagadas. Este equilíbrio tem uma influência no carreamento dos sedimentos para o mar e, dependendo da deriva litorânea, na deposição e erosão das praias;
- É uma zona controladora da penetração do efeito de maré, nos trechos de rio a montante e, portanto, da salinização destes;
- É uma feição geográfica que viabiliza o transporte flúvio-marinho;
- Define um ecossistema muito importante para a vida de certas espécies do oceano. Apresenta como vegetação característica, na RMR, os manguezais. Estes ajudam a reter os sedimentos e abrigam a maior parte das espécies do ecossistema, notadamente, próximo às suas raízes submersas. É portanto, filtros e berçários naturais;
- Apresenta valor paisagístico e turístico.

Na Região Metropolitana do Recife (RMR), quatro grandes estuários permanecem sem urbanização, embora protegidos pela Lei Estadual 9.931/86. Na RMR – Parte Norte, existem os estuários dos rios Arataca, Botafogo e Igarassu (os quais desaguam no Canal de Santa Cruz, que separa a Ilha de Itamaracá do continente), e do rio Timbó, a Norte da cidade de Paulista (mapa do **Anexo I**). Na RMR – Parte Sul, existem os estuários do rio Jaboatão (no trecho a montante da confluência com o seu afluente Pirapama), e dos rios Sirinhaém e Maracaípe, além de uma porção da parte Sul do estuário do rio Merepe (Mapa do **Anexo II**).

3.2.4 Barragens

Como reservatórios hídricos artificiais, são citadas as barragens, as quais se caracterizam como obras de intervenção no curso natural dos rios. Estes reservatórios são construídos com a finalidade de utilizar o seu volume de água armazenado, para abastecimento e contenção de cheias.

O barramento de um rio, embora apresente função benéfica, proporciona alterações no regime de vazões a jusante, afetando a descarga de sedimentos e erosão. Essa alteração do fluxo natural de um rio resulta em um conjunto de fenômenos que merecem atenção nos estudos hidrológicos e ambientais a serem realizados. A qualidade das águas dos reservatórios e, conseqüentemente, dos rios que lhes dão origem, é um problema que preocupa cada vez mais as autoridades ambientais e as companhias concessionárias, responsáveis pelas barragens.

Os reservatórios situados próximos de áreas agrícolas correm o risco de terem suas águas poluídas por defensivos agrícolas ou fertilizantes. O aporte de substâncias fertilizantes num reservatório, leva a eutrofização do mesmo, com um desenvolvimento exagerado de plantas aquáticas as quais aumentam a DBO (demanda bioquímica de oxigênio), afetando o equilíbrio do ecossistema aquático.

Existem várias barragens que abastecem a RMR, dentre elas, a maior é Tapacurá, com uma capacidade máxima de armazenamento de 94 x 10^6 m^3 de água (Contécnica, 1998). Outra de capacidade significativa é a Barragem de Botafogo com um total de 28,8 x 10^6 m^3, ambas localizadas na parte Norte da RMR.

Também são importantes no abastecimento da RMR as barragens de Duas Unas, Várzea do Una, Utinga, Sucupema, Bita, Goitá e Carpina. Essas barragens podem, juntas, acumular um total de 51,9 milhões de metros cúbicos de água.

Além dessas grandes barragens existem vários açudes de pequeno porte que abastecem comunidades menores e mais isoladas. Como exemplo, tem-se o açude Jangadinha que abastece o bairro de Tejipió e adjacências na cidade do Recife e o açude Gurjaú, cujas águas são aduzidas para o reservatório de Ponte dos Carvalhos, abastecendo as localidades de Ponte dos Carvalhos, Pontezinha e parte do Sul de Jaboatão dos Guararapes e Recife (Contécnica, *op. cit.*).

Está sendo construída uma barragem na bacia do Pirapama que deverá ajudar a suprir as necessidades de água da RMR.

Estuda-se a possibilidade de construir-se uma barragem no Rio Ipojuca, na localidade de engenho Maranhão, para melhorar o abastecimento da RMR-parte Sul. A máxima vazão que pode ser mantida a jusante pelo represamento do rio e liberação controlada dos volumes (vazão regularizada teórica) de acordo com estudo já apresentado (Arraes, *op. cit.*) é de 9.0 m^3/s, correspondendo a vazão média de longo período (média em um intervalo dos últimos anos das vazões médias mensais). Esta vazão é excedida somente em 27% do tempo do período estudado, o que indica que deve-se considerar como a vazão regularizada de projeto um valor inferior a este, função das dimensões do futuro reservatório.

3.3 Uso Extensivo e Seus Impactos

O maior problema relativo a água na RMR é a sua insuficiência em quantidade, para o consumo humano, que ocorre ciclicamente com as secas. Durante as secas, as vazões de captação diretamente bombeadas dos rios (captação a fio d'água) e os volumes aduzidos das barragens existentes, tornam-se mínimos, ocorrendo repetidamente o racionamento de água nos municípios da RMR.

Deve-se, pois, relevar as atividades impactantes que incidem sobre o abastecimento de água para o consumo humano, tendo em vista ser a falta de água periódica o principal problema concernente aos recursos hídricos superficiais. Estas atividades impactantes podem ser classificadas como positiva ou negativa.

No contexto hidrológico entende-se por atividade impactante positiva a atividade antrópica que acarreta em benefícios para o meio ambiente hídrico e, consequentemente o homem, considerado como um todo. Como exemplo, temos a proteção das margens de um rio por adequado plantio.

A atividade impactante negativa é aquela com efeitos nocivos para o meio ambiente hídrico e o homem, considerado como um só sistema. Como exemplo temos o lançamento de efluentes domésticos nos rios.

Uma mesma atividade impactante pode ter aspectos positivos e negativos, contudo, um dos dois aspectos será preponderante sobre o outro, o que determinará a sua classificação. O represamento de um rio garante o fornecimento de uma vazão liberada média durante todo o ano, denominada de vazão regularizada, mas poderá prejudicar o desenvolvimento a jusante de certas espécies de peixes. Observam-se dois aspectos, um positivo e o outro negativo, ambos decorrentes da regularização do rio.

As obras de engenharia são planejadas de forma que os impactos ambientais negativos sobre a drenagem e os rios inexistam ou sejam minimizados, restando tão somente os impactos positivos (saldo). Obviamente, ocorrerão pequenas alterações no meio ambiente que não deverão ser muito danosas. A ausência de um planejamento adequado, que não considere o homem e o meio ambiente como um só sistema, pode acarretar em impactos negativos.

O uso concomitante para fins diversos da pouca água de que se dispõe, principalmente em períodos de estiagem, gera os conflitos de uso da água que acarretam os principais impactos negativos sobre os recursos hídricos. O impacto será tão negativo quanto menos consenso existir entre os usuários das bacias hidrográficas.

3.3.1 Atividades Impactantes Negativas

Seguem-se as principais atividades impactantes negativas nos recursos hídricos superficiais da Região Metropolitana do Recife:

a) Lançamento de Efluentes Domésticos na Drenagem

A princípio, a tendência do desenvolvimento de núcleos urbanos na periferia dos rios e córregos para aproveitar a água para consumo humano, dessedentação de animais e irrigação, acarretou, ao longo dos tempos, na prática do lançamento das águas servidas. Constituiu-se assim, a mais antiga atividade impactante negativa nos recursos hídricos.

A dificuldade da reversibilidade do processo desta poluição dá-se pelo alto custo das medidas saneadoras. A implantação de sistemas de esgotos juntamente com um sistema de drenagem de águas pluviais distinto do primeiro, exigem obras que acarretam, na maioria dos casos, em grandes investimentos. Tal fato é mais relevante quando a faixa ribeirinha habitada, além de extensa, é composta por população de baixa renda. Este é o caso das favelas e construções mais antigas.

Esta atividade aumenta o risco da propagação de epidemias e encarece o custo do tratamento das águas para o abastecimento humano. Este lançamento provoca um aumento das taxas de coliformes fecais e matéria orgânica. Um alto índice de coliformes fecais é um indicativo da potencialidade da ocorrência de bactérias patogênicas que usualmente encontram-se associadas aos primeiros.

Na RMR observa-se o lançamento das águas servidas no rio Beberibe, marcantemente a partir do bairro de Passarinho, em Olinda, a montante de uma tomada de água da COMPESA. No rio Capibaribe , pode-se observar o despejo de efluentes domésticos na Vila de Tiúma a montante da tomada de água de Castelo (Contécnica, *op. cit.*).

Na represa de Jangadinha, em suas áreas marginais, observa-se o lançamento de águas servidas.

Em Bonança, o riacho do Meio que deságua no rio Várzea do Una que aflui para a barragem Duas Unas, tem suas águas poluídas pelos efluentes domésticos sem tratamento.

b) Barramentos de Rios

A construção de barragens, em geral, traz alguns danos ao meio ambiente, desde a sua construção ou até mesmo utilização, principalmente se estas ações forem mal planejadas. Sua construção pressupõe a relocação de núcleos urbanos, com mudanças de vida para a comunidade local e indenizações. Porém, este não é o caso da RMR, onde as áreas, em sua maioria, estavam pouco povoadas e as barragens constituem o principal suprimento de água da população.

b.1 - Desmatamento da área

O desmatamento da área a ser alagada e de algumas áreas do entorno para as instalações de obra e para a construção de acessos e estradas vicinais, podem atingir expressivamente as vegetações naturais e ecossistemas como um todo.

b.2 - Submersão dos núcleos urbanos na área alagada

Perde-se, às vezes, um pouco da memória histórica ao serem alagados núcleos habitacionais antigos e tradicionais. Existe o problema das relocações dos moradores, que envolvem adaptações das comunidades, geralmente, em condições mais precárias. Ao que se sabe, não ocorreram tais fatos nas barragens da RMR, numa escala significativa.

b.3 - Modificação do regime das vazões a jusante da obra

A modificação do regime das vazões a jusante das barragens, ocasiona um impacto na biota e dificuldades nas captações de água para irrigação, quando a vazão regularizada é inferior às vazões mínimas anteriores à construção. Este fato pode ocorrer quando são freqüentes as estiagens.

b.4 - Diminuição das descargas sólidas

O fluxo e as descargas sólidas diminuem a jusante do barramento (**Figura 3**), o que pode acarretar modificações na zona de costa, caso este volume de sedimentos, agora retido no lago da barragem, não seja compensado pelas degradações das margens na bacia, causando um desequilíbrio entre erosão e deposição, e tornando os processos erosivos nas áreas costeiras mais preponderantes.

Convém salientar que a dinâmica do transporte de sedimentos pela descarga sólida dos rios é ditada por diversos parâmetros como a intensidade, duração e freqüência de ocorrência das chuvas que geram escoamentos superficiais altos, proteção das margens de toda a drenagem e outros. Em décadas com muitos eventos chuvosos, com volumes precipitados de vulto, é de se esperar que tenham sido transportados maiores volumes de sedimentos para o mar.

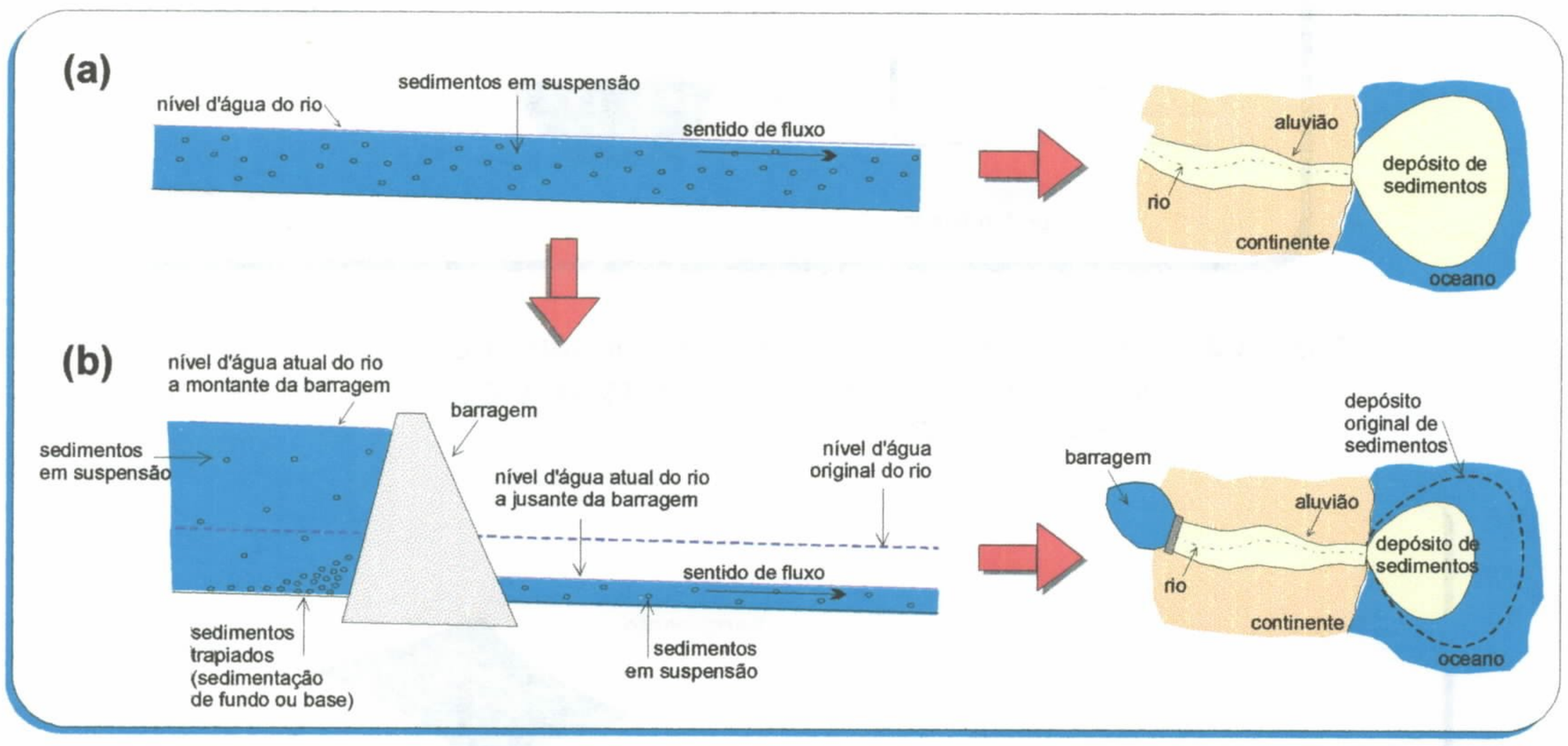


Figura 3 – Representação das alterações do fluxo e deposição de sedimentos antes (a) e após (b) um barramento de rio (Autores: C. E. Arraes/W. D. C. Filho).

b.5 - Salinização das águas a jusante

Com a instalação da barragem, ocorre uma redução das vazões, a jusante, e o conseqüente rebaixamento dos níveis de água. Dependendo de diversos fatores, entre estes a proximidade do oceano, a declividade do leito e as vazões mínimas, pode-se ter uma intensificação do efeito de maré, com a salinização das águas a jusante da barragem.

b.6 – Alterações no lençol freático

A elevação do lençol freático (**Figuras 4a** e **5**), após o enchimento do lago da barragem, poderá levar ao aparecimento de áreas alagadas nas proximidades dos reservatórios. Ainda, a jusante do barramento (**Figuras 4b** e **5**), poderá ocasionar um rebaixamento do lençol freático, implicando diretamente na diminuição dos níveis d'água nos poços que captam água subterrânea, além do nível d'água natural do rio.

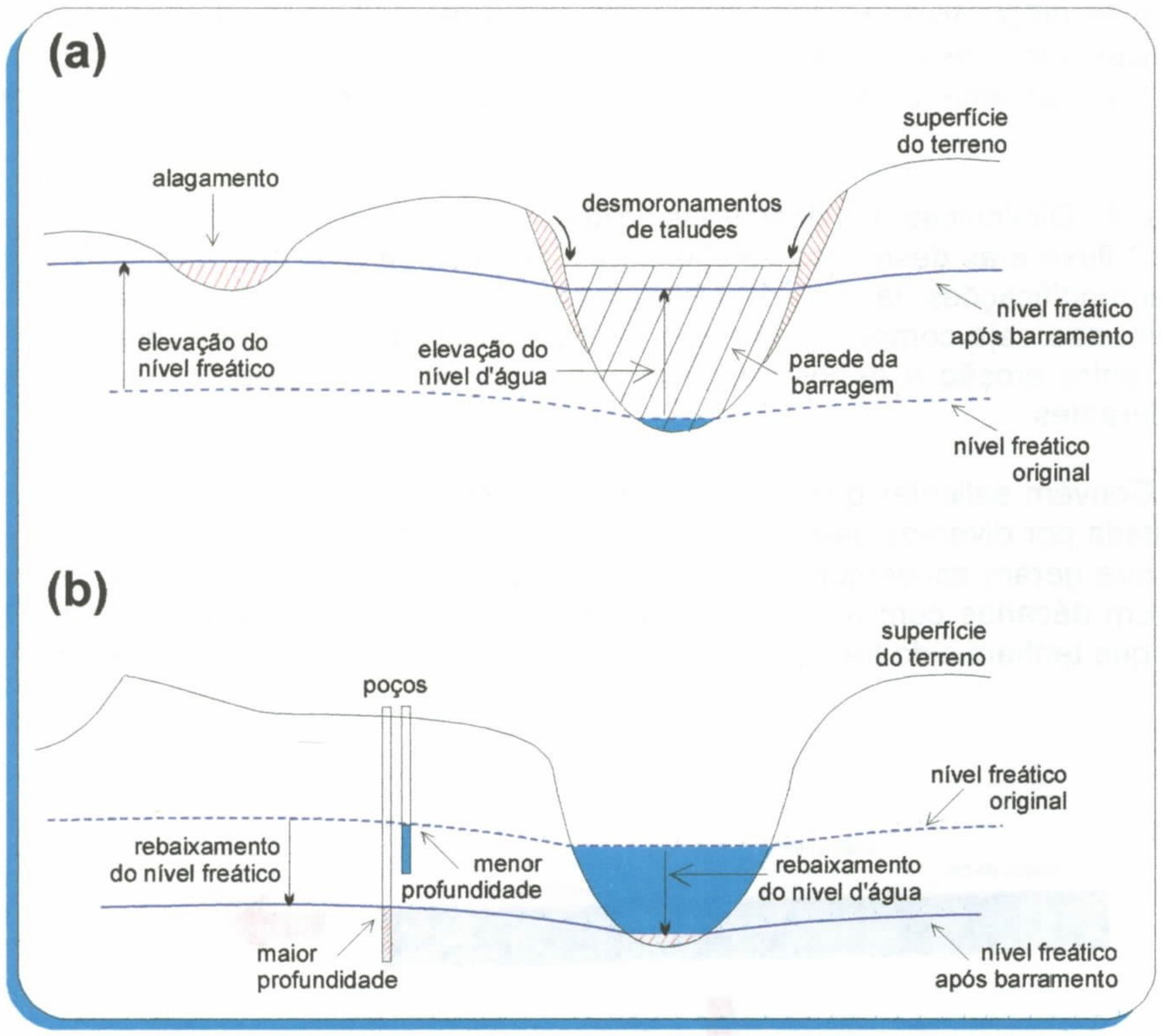


Figura 4 - Impactos negativos causados por barramento em rio, após a formação do lago de barragem: a montante (a) e a jusante (b) (Autores: C. E. Arraes/W. D. C. Filho).

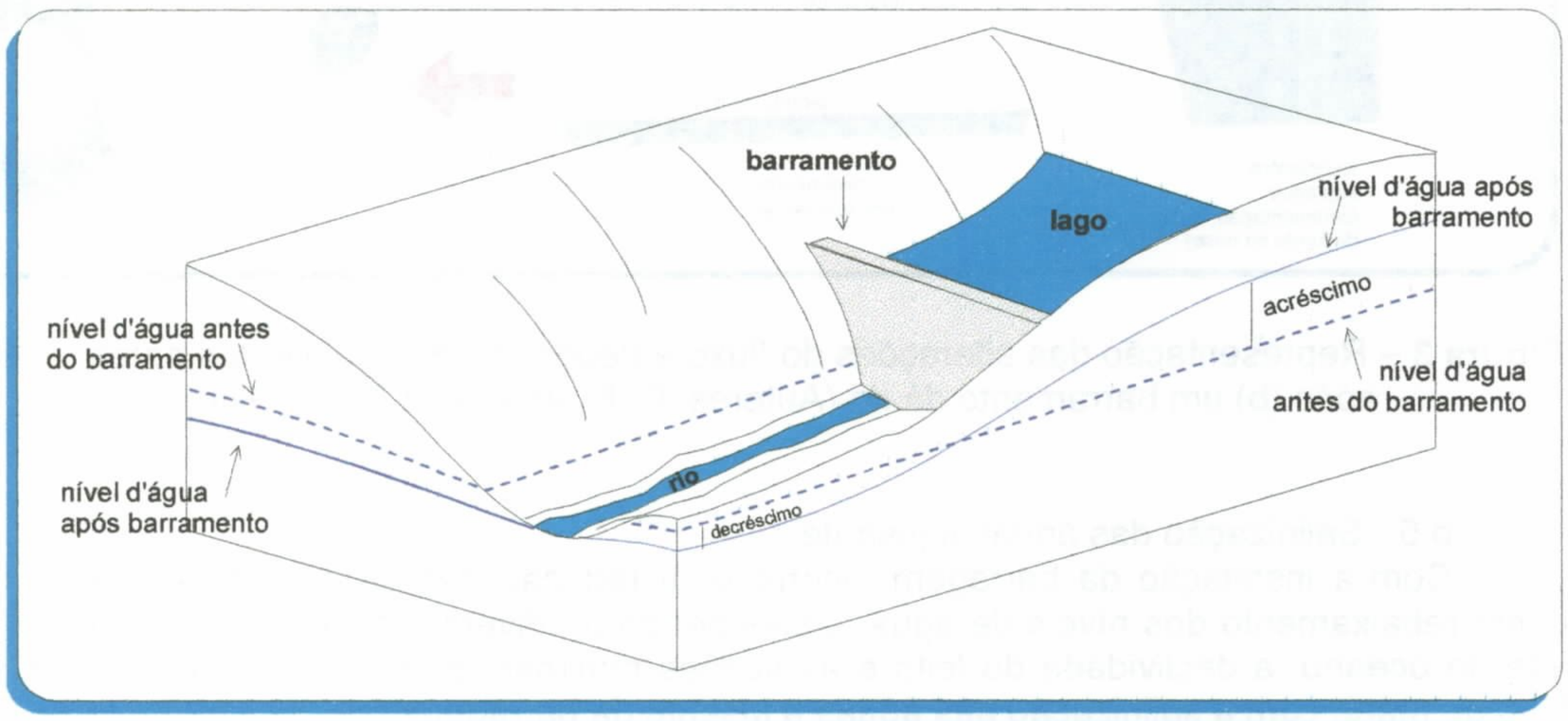


Figura 5 - Alterações nos níveis freáticos provocadas por um barramento no rio (Autores: C. E. Arraes/W. D. C. Filho).

b.7 – Instabilização de taludes

Após o enchimento do lago da barragem, poderá haver instabilização de taludes no entorno do reservatório (**Figura 4a**), ocasionada, principalmente, por alterações no grau de saturação dos materiais terrosos com conseqüente diminuição da coesão entre os grãos. Além disso, também ocorrem alterações no equilíbrio de tensões dos maciços rochosos que estejam muito fraturados.

c) Desmatamento

A atividade do desmatamento, por si só já representa um impacto negativo. Relacionando esta atividade aos recursos hídricos superficiais, induz-se um impacto negativo ainda maior, principalmente ao que se refere às áreas de proteção dos mananciais hídricos e das matas ciliares.

O desmatamento de áreas de proteção de mananciais, geralmente executado para o estabelecimento da cultura da cana de açúcar e aproveitamento de madeiras, ocasiona erosão com transporte de sedimentos para os mananciais. Com a cultura da cana implantada, ocorre o aporte de agrotóxicos, pesticidas e fertilizantes para os mananciais hídricos.

A bibliografia aponta o comprometimento das faixas de proteção dos mananciais das barragens do Catucá , de Tapacurá, de Duas Unas e Várzea do Una, além dos desmatamentos nas faixas de proteção dos mananciais da Represa de Jangadinha e das barragens do Gurjaú, Bita e Utinga (Contécnica, *op. cit.*).

O desmatamento de mata ciliar apresenta um impacto imediato, já que estas matas ocupam as áreas de influência dos pequenos riachos, filetes de água, ou "caminhos" de águas durante as precipitações. Caracterizam principalmente as drenagens de primeira e segunda ordem que podem ter maiores declividades e, portanto, um potencial desagregador e erosivo considerável. Havendo o desmatamento destas vegetações, surgem princípios de erosão que carreiam sedimentos nestas drenagens incipientes para os leitos dos rios maiores.

Como exemplo, temos as matas ciliares destruídas das áreas de proteção dos mananciais das barragens de Botafogo, de Tapacurá, e Duas Unas, onde existem desmatamentos que cederam lugar a cultura da cana de açúcar. Na de Botafogo a cultura da cana situa-se próxima ao espelho de água. Observa-se nesta bacia, a jusante, o assoreamento da tomada de água no rio Catucá.

d) Uso de Agrotóxicos Próximo a Rede de Drenagem

Por ocasião das chuvas estas substâncias podem ser carreadas para os cursos de água, criando condições de toxidez, com morte de peixes e, no caso dos fertilizantes, o aceleramento antrópico da eutrofização. Tal prática é observada na Zona de Proteção dos Mananciais da Barragem de Botafogo, onde existe o cultivo de cana de açúcar e no Rio Jaboatão em Bonança, além da ocorrência do uso de pesticidas nas áreas cultivadas das faixas de proteção dos mananciais da barragem Duas Unas e da barragem do Gurjaú (Contécnica, *op. cit.*).

e) Ferti-Irrigação Próxima às Drenagens

Denomina-se fertirrigação a realização conjunta da irrigação e fertilização com vinhoto diluído, através de aspersores. se incorporado O vinhoto a drenagem ocasiona a diminuição do oxigênio dissolvido (OD) na água e morte dos peixes. Tal incorporação pode ocorrer após uma chuva que sature o solo e gere escoamento de superfície. Como exemplo temos o entorno do rio Cumbé e os indícios do uso deste próximos as margens do rio Gurjaú e nas margens da barragem do mesmo nome (Contécnica, *op. cit.*).

f) Extração Informal de Areia

Este processo, quando executado nas margens ou nas proximidades, desencadeia erosões que findam por incorporar os sedimentos aos rios gerando uma vazão sólida, com sedimentos em suspensão, de arrasto e de saltação. A atividade reduz a calha do rio, dificultando o seu fluxo natural quando ocorrem depósitos destes sedimentos no leito do rio, propiciando o assoreamento. Quando a extração é realizada nos leitos assoreados, os efeitos são benéficos pois aumentam a calha do rio.

Foi registrada tal atividade nos rios Capibaribe, Igarassu, Botafogo, Jaboatão e Ipojuca. O rio Ipojuca, no seu trecho inferior, apresenta margens arenosas bastante destruídas pela extração informal. Pode ser observado nas proximidades da cidade de Ipojuca a presença de dragas exercendo esta atividade.

g) Ocupação Inadequada das Áreas Baixas das Margens

A existência de favelas ribeirinhas coloca em risco seus habitantes e cria obstáculos à passagem de picos de vazões máximas que, se estrangulados, podem potencializar inundações no entorno e a montante. A ocupação ideal das margens é com áreas de lazer e com culturas cuja manutenção não comprometa a qualidade das águas do rio.

Da ponte da BR-101 sobre o rio Capibaribe pode-se observar uma favela (bairro Dois Irmãos), praticamente sobre as águas do rio (**Foto 1**). No bairro da Torre, no que seria a continuação da Avenida Beira Rio, observa-se uma favela com construções do tipo palafitas (**Foto 2**).

Os aterros e construções dificultam o escoamento das águas durante as grandes vazões dos períodos de cheias. Nestas ocasiões os rios podem extravasar das suas calhas, ocupando as suas águas o seu leito maior ou planície de inundação. As habitações marginais podem causar restrições ao fluxo das águas.

Existe pelo menos uma rua na planície inundável do rio Ipojuca, na cidade do mesmo nome. Sua inadequação deve-se mais ao perigo (mesmo que remoto) que representa para os moradores, do que a problemas de restrição do fluxo de vazões de cheias.

Foto 1 - Construção de favelas na margem baixa do rio Capibaribe - Recife (Vista sobre a ponte na BR-101).

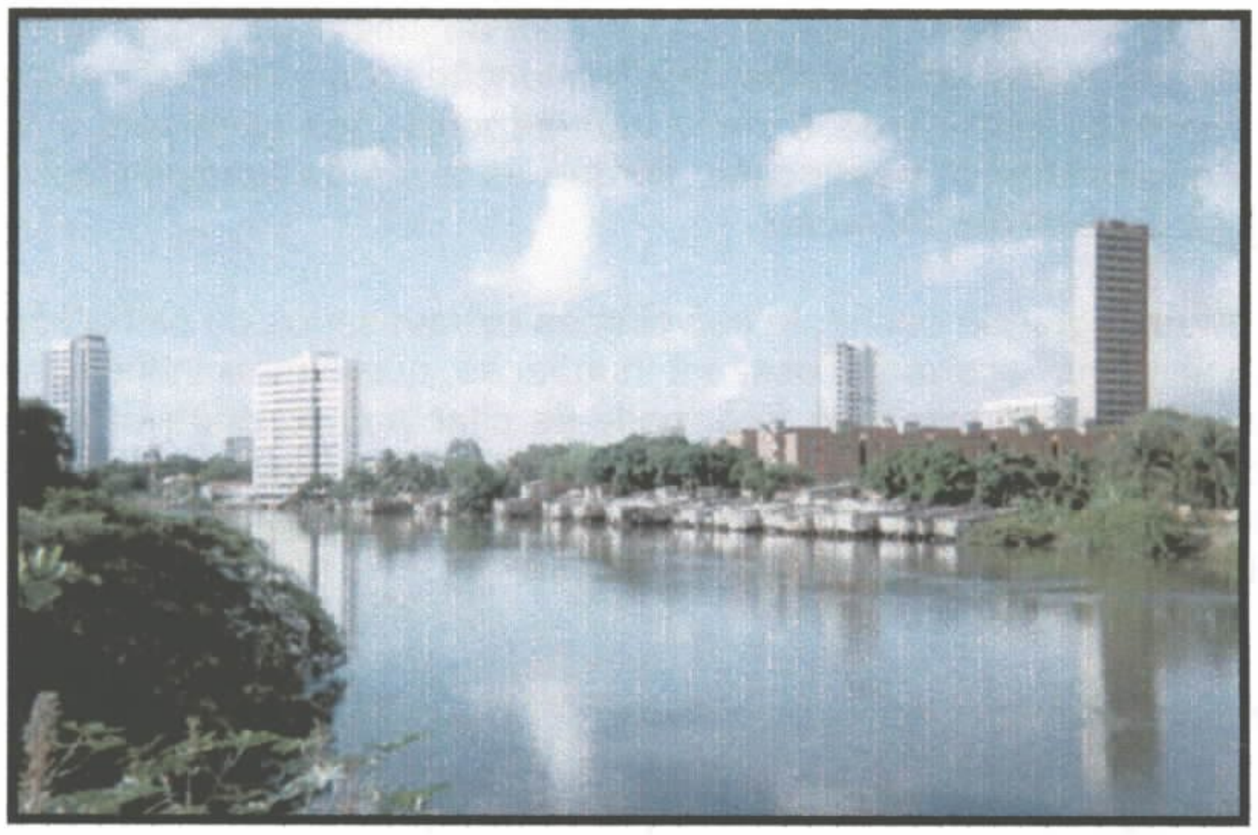


Foto 2 - Construção de favelas na margem do rio Capibaribe - Recife (Vista sobre a ponte do Derby).

h) Alteração Antrópica da Foz

Modificações antrópicas da morfologia estuarina junto a foz, como aterros e espigões, causam restrições ao fluxo e refluxo das águas, modificando-os, e as suas ações sobre os sedimentos no estuário, causando variações na descarga sólida no oceano. O molhe de Olinda, na foz do estuário comum dos rios Capibaribe e Beberibe, é um exemplo deste tipo de alteração da descarga de sedimentos no mar.

A construção do molhe do Porto do Recife ocasionou uma barreira à deposição nas praias, a norte do mesmo, dos sedimentos carreados do estuário pelas correntes marinhas paralelas a costa, com sentido do sul para o norte. Ocorreu um desequilíbrio entre a sedimentação e a erosão, havendo uma tendência para a destruição progressiva das praias.

Praticamente na foz do rio Jaboatão, existem aterros e espigões que estão restringindo a descarga dos sedimentos para o mar. As evidências são a destruição acelerada das praias ao norte, como Candeias. Ainda não se dispõe de dados corroborados por séries de imagens de satélites ou outros métodos para uma validação científica.

i) Destruição dos Manguezais

Com a ausência de raízes para fixá-los, rompe-se o equilíbrio dos sedimentos nas áreas inundadas, causando alterações na descarga sólida. Ocorrem também modificações no ecossistema com a extinção de algumas espécies. Os estuários da RMR - parte Norte, estão em maior ou menor grau sendo desmatados. Como exemplo temos o estuário do rio Beberibe. Na RMR – parte Sul, ressalta-se o manguezal degradado na GL-3, entre a povoação de Feiteira e o terraço marinho costeiro.

j) Aterro de Áreas Alagadas

No rio Capibaribe, os aterros das áreas alagadas estuarinas no bairro de Joana Bezerra, da Ilha do Leite e outros, contribuíram para diminuir o potencial de amortecimento dos picos de cheias destas áreas. A ocupação sobre tais áreas aterradas, contribuiu para o surgimento de remansos ou elevações dos níveis das águas do rio, a montante destas edificações, durante as enchentes da última metade do século XX.

Cumpre salientar que a simples impermeabilização dos solos pelas pavimentações e edificações, não causa inundações, pois a taxa de infiltração é bem inferior aos volumes extravasados da calha dos rios durante uma inundação, como as verificadas em 1970 e 1975. Os solos permeáveis, considerados como uma esponja, que absorvem a água das chuvas, o fazem mais eficientemente neste caso, porque as taxas de precipitações são da mesma ordem de grandeza da taxa de infiltração.

Em uma grande enchente os volumes extravasados da calha são superiores aos que o solo pode absorver, ocorrendo assim a inundação, que é mais influenciada pela capacidade de drenagem. Para confirmar este fato, pode-se citar o caso onde os holandeses presenciaram inundações nos anos de 1633, 1644 e 1650. Esta última destruiu a ponte do bairro de Afogados e o dique que ligava a nucleação à de Cinco Pontas, segundo Valmirech Chacon no livro "O Capibaribe e o Recife" (Andrade, 1979).

3.3.2 Atividades Impactantes Positivas

São aqui classificadas como aquelas em que as conseqüências positivas sobrepujam marcantemente as negativas:

a) Pontos de Captação a Fio d'Água

Sendo relevantes as implicações das estiagens no abastecimento de água para o consumo humano, estas obras embora possam apresentar impactos com algum aspecto negativo, constituem atividades impactantes essencialmente positivas, já que evitam o colapso social por falta de água. Isto é válido principalmente para o Nordeste.

Como exemplo destas obras, tem-se as tomadas de água em trechos não represados. Na RMR – Parte Norte, existem tomadas d'água nos rios Botafogo, Tabatinga, Bonança, Utinga, Paratibe, Beberibe e Capibaribe, enquanto que, na parte Sul, existem três pontos de captação direta de água no rio Jaboatão.

b) Barramentos de Rios

Sua importância faz-se notar, principalmente, durante os períodos de escassez de água, quando sua contribuição para o abastecimento é decisiva para a comunidade. Os impactos positivos, de um modo geral, são o aumento de água para o abastecimento e a redução do pico de cheia em bacias hidrográficas, podendo, ainda, elevar o nível freático das águas subterrâneas.

b.1 - Aumento da oferta de água para o abastecimento

A RMR sofre, periodicamente, racionamentos durante as estiagens, que, nos últimos anos têm sido freqüentes, configurando uma situação que sugere que se esteja em um ciclo de ocorrência de poucas chuvas dentro da série histórica da natureza. A oferta de água das barragens corrobora com a atenuação deste quadro. O reservatório, ou lago de barragem, fornece uma vazão regular nominal através da liberação controlada dos volumes de água por comportas.

b.2 - Redução do pico de cheia em bacias hidrográficas

As barragens atenuam as vazões de cheia, armazenando o volume destas até um momento oportuno em que possam serem liberadas sem prejuízos para as áreas de jusante. Na RMR as barragens de Tapacurá e Goitá que foram construídas com este principal objetivo.

b.3 – Alterações no lençol freático

A elevação do lençol freático a montante do lago da barragem (**Figura 6**), após o seu enchimento, favorece a captação de água subterrânea por poços rasos ou fontes. Os alagamentos de áreas, citados no item **b.6** de **3.3.1** como um impacto negativo, poderão também ser um impacto positivo, quando em médio a grande porte, pois estará acumulando água em superfície. Ainda dependendo da vazão liberada, a jusante do barramento, poderá também ocasionar uma elevação do lençol freático, incidindo diretamente nos níveis d'água dos poços que captam água subterrânea.

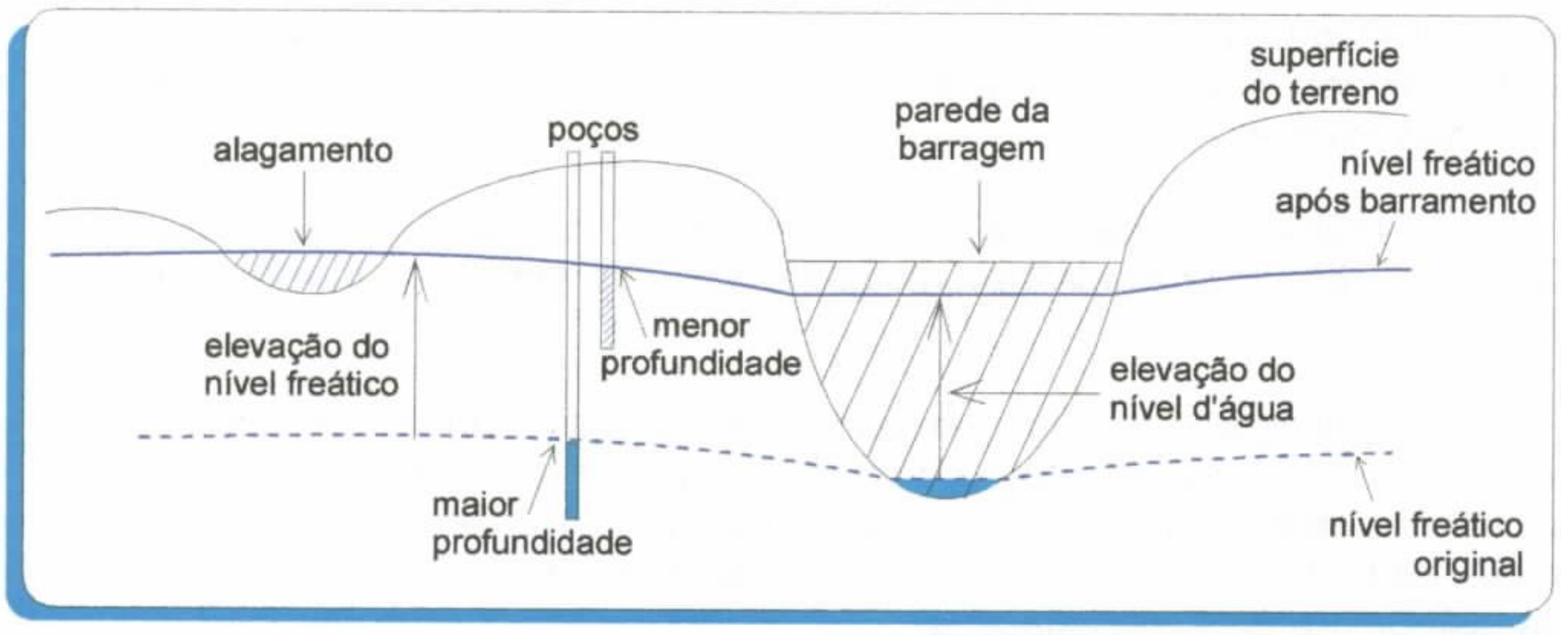


Figura 6 - Impactos positivos causados por barramento em rio, após a formação do lago de barragem (Autores: C. E. Arraes/W. D. C. Filho).

c) Estações de Tratamento d'Água (ETA's) e de Esgotos (ETE's)

As estações de tratamento d'água (ETA's) são construídas, como o próprio nome já diz, para o tratamento de águas brutas, que podem ser captadas a fio d'água, diretamente nos rios através das tomadas d'água, que são canalizações com bombas, ou nas represas (barragens). O tratamento das águas captadas diretamente dos rios ou das barragens (águas brutas), melhora a qualidade adequando-as para o consumo humano. As instalações e equipamentos supramencionados não causam nenhum impacto negativo. Estas obras permitem que as águas tratadas dos mananciais atinjam as residências em condições de consumo.

As estações de tratamento de esgotos (ETE's), que tratam as águas residuárias do consumo doméstico, público, comercial e industrial, diminuem as possibilidades do descarte das águas servidas, sem tratamento, nas drenagens, evitando a contaminação dos mananciais. O dimensionamento adequado assegura que todos os efluentes domésticos sejam tratados, sem ocorrência do despejo diretamente nos rios, comprometendo a qualidades da água.

O descarte destes efluentes tratados deve ser em local que não cause a mínima contaminação na drenagem. Como exemplo, temos as obras concluídas da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário da Mangueira, incluindo reator anaeróbico de fluxo ascendente para atendimento a uma população de 18.000 habitantes e a conclusão de duas estações elevatórias e um reator anaeróbico do Sistema de Esgotamento Sanitário Beirinha/Rua do Rio no bairro da Estância, para atendimento de 3.600 habitantes (Prefeitura da Cidade do Recife *on line*, 1998).

d) Sistemas de Drenagem das Águas

A existência de sistemas de drenagens pluviais e de águas servidas distintos evita que estas últimas venham a desaguar nos rios poluindo-os. No ano de 1998 foram implantados 41.650 m de rede de esgoto sanitário nos bairros de Água Fria, Estância, Mangueira e Mustardinha, na cidade do Recife, beneficiando 24.700 habitantes (Prefeitura da Cidade do Recife *on line*).

e) Dragagem e Retificação dos Rios e Canais

Dragagem é a retirada, por bombeamento ou raspagem, dos sedimentos acumulados no leito dos rios. A dragagem aumenta a capacidade da calha do rio, ou seja, a máxima vazão que não extravasa o rio.

A retificação aumenta a velocidade média do fluxo fluvial. Como a vazão é o produto desta velocidade média pela área molhada, aumenta também a máxima vazão não transbordável da calha.

A retificação e a dragagem aumentam a capacidade de escoamento da calha assimilando as vazões máximas do período chuvoso, facilitando a passagem dos picos de cheias. Atualmente, atravessa-se um ciclo de poucas precipitações, não ocorrendo chuvas do porte das de 1966, 1970 e 1975. Contudo, sabe-se que não é impossível que se tenha, no futuro, uma fase de grandes precipitações.

Na cidade do Recife foram realizadas retificações de porte e dragagens no rio Capibaribe (**Foto 3**), a partir do bairro da Várzea até a sua foz, alterando significativamente o curso do rio para melhor. Estas providências aumentaram a velocidade média e a capacidade da calha do rio. Com o aumento destes parâmetros, foi facilitado o fluxo do rio, diminuindo as chances de extravasamento do leito menor do rio ou inundações. Ainda no Capibaribe, encontra-se em execução a remoção dos escombros submersos decorrentes da tentativa de implosão da antiga ponte da Torre. Foram também efetuados, além dos trabalhos do Capibaribe, dragagens no canal Derby-Tacaruna (**Foto 4**).

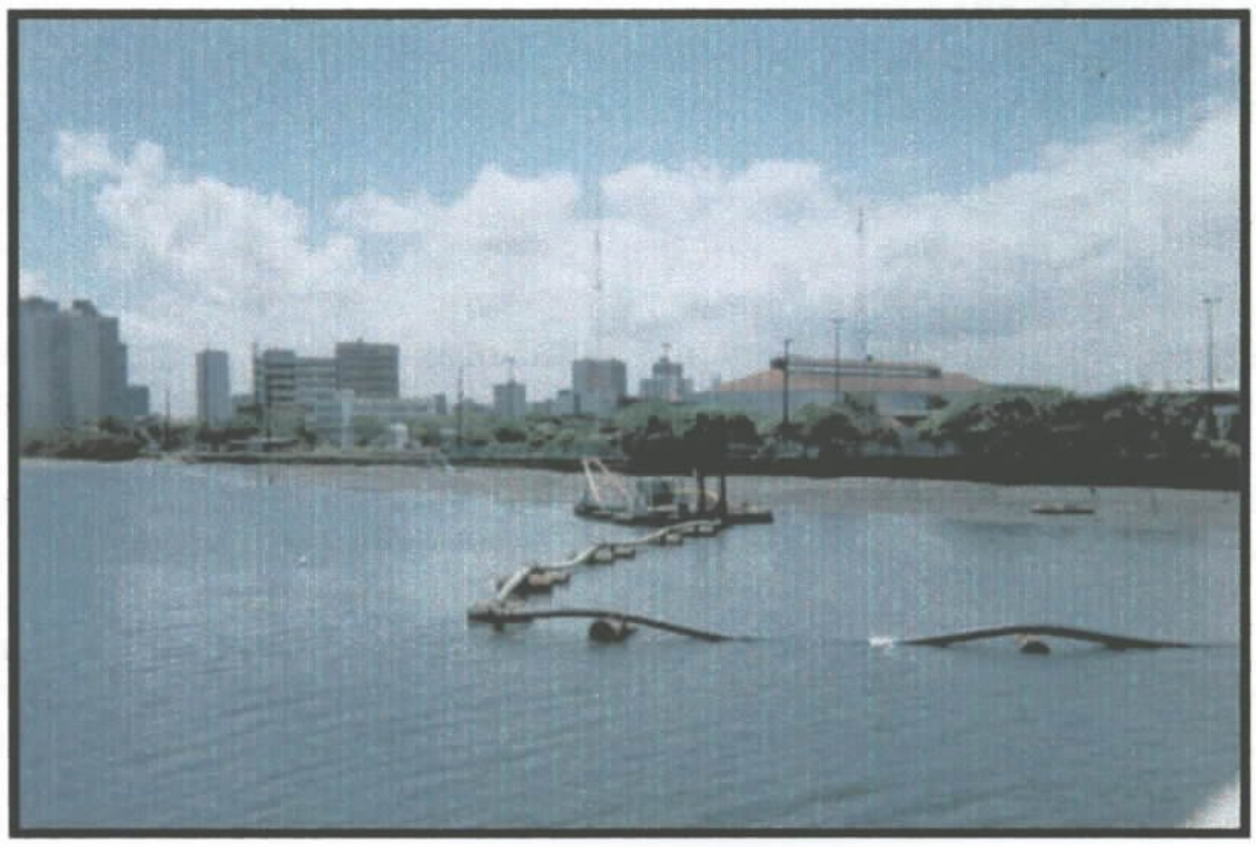


Foto 3 - Dragagem no rio Capibaribe – Recife.

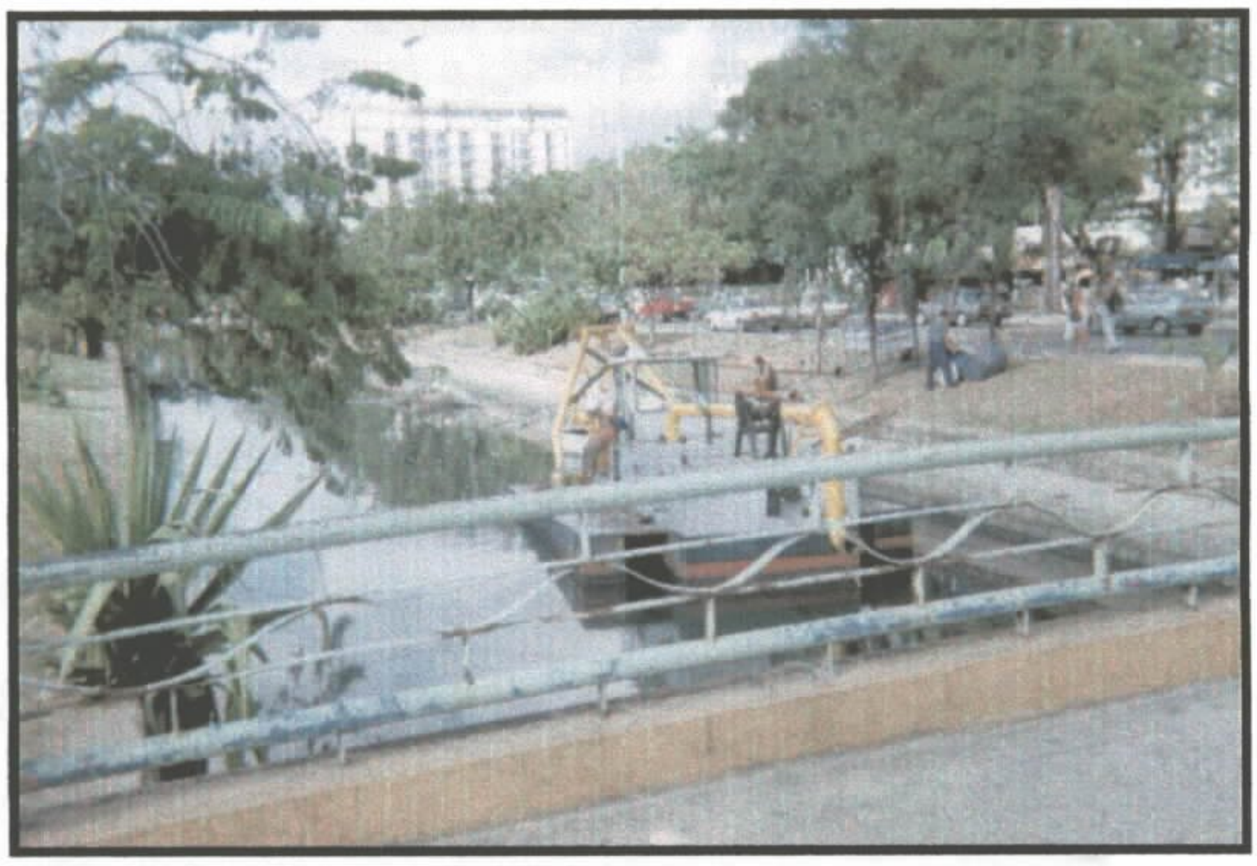


Foto 4 - Dragagem no canal Derby-Tacaruna - Recife.

No município de Ipojuca, na bacia do rio de mesmo nome, próximo da Usina Salgado, foi construído um canal de derivação ou de controle de cheias (Canal Draga), por onde haverá fluxo parcial a partir de um determinado nível das águas do rio, encurtando o trajeto parcial das águas dos picos de cheias. Este canal situa-se na planície de inundação, em uma área baixa, onde o rio apresenta um padrão em arco meandrante.

f) Reflorestamentos

Conservar a vegetação primitiva do entorno das drenagens dos mananciais de água, de onde são aduzidas as águas para o abastecimento humano, é preservar a qualidade da água dos mesmos e evitar possíveis assoreamentos nestes. Esta zona de preservação dos mananciais corresponde a uma faixa a partir da margem cuja largura é variável com a condição urbana ou rural do rio ou riacho.

O desmatamento favorece a erosão, pois não existindo mais a interceptação das chuvas pela vegetação, amortecendo o impacto das gotas e, não estando o solo fixo por raízes, o carreamento do mesmo pelas chuvas é acelerado. Sem a cobertura vegetal original do entorno, o manancial recebe uma carga extra de sedimentos após o desbarrancamento das margens.

As vegetações ciliares são aquelas que se observam nas drenagens de 1ª ordem, caracterizadas por corredores de mata nativa, indicativas da umidade proximal dos pequenos riachos ou "caminhos temporários" das águas das chuvas. Geralmente os solos têm consideráveis declividades, sendo importantes agentes fixadores do solo, impedindo a erosão. O reflorestamento das matas ciliares desmatadas impede o desencadeamento de processos erosivos nestas drenagens secundárias. Ações legais e intervenções que impeçam o desmatamento, assim como o monitoramento e reflorestamento das áreas já degradadas são a maneira de preservá-los. O rio Capibaribe, por ocasião da retificação efetuada nas proximidades do bairro da Várzea, teve as margens recuperadas e plantadas.

g) Ocupação Adequada das Áreas Baixas Marginais

Os aterros e as construções nas margens baixas dos rios, constituem obstruções ao fluxo das grandes vazões dos períodos de cheias, dificultando o escoamento. Em determinadas regiões, a ocupação adequada destas áreas pelo homem tem preservado a zona

de passagem das grandes vazões de cheias, uma vez que não existem obstáculos à passagem das águas, nestas regiões. Na cidade do Recife têm-se enfrentado este problema reservando algumas margens baixas para campos de futebol e áreas de lazer, como se observa na planície de inundação do Capibaribe, na margem oposta ao bairro de Joana Bezerra (**Foto 5**).

Foto 5 - Uso adequado da margem baixa da planície de inundação do rio Capibaribe com campos de futebol (vista sobre o viaduto Joana Bezerra - Recife).

A planície de inundação do rio Ipojuca, que constitui o seu leito maior na ocorrência de enchentes, é ocupada por canaviais, não havendo riscos maiores de danos nesta, com exceção de habitações próximas a Usina Salgado e ao distrito de Nossa Senhora do Ó.

3.4 Legislação

A seguir, são abordadas algumas classificações de qualidade das águas, conhecidas nacionalmente, para que o leitor possa diferenciá-las e entendê-las, nos âmbitos de suas classificações.

As condições para que os cursos de água se mantenham dentro dos requisitos aceitáveis, são ditadas pelos resultados periódicos de análises físico-químicas e bacteriológicas. As análises físico-químicas compreendem metais pesados (mercúrio, chumbo, cádmio, bário) e outros elementos químicos danosos aos seres humanos mesmo em quantidades muito pequenas como o arsênio e o selênio, além de outros metais e elementos químicos não metálicos.

Na RMR a poluição pela carga orgânica dos efluentes domésticos lançados nos rios é notável. Uma avaliação sumária é feita com os resultados das análises do oxigênio dissolvido na água (OD), da demanda biológica de oxigênio (DBO), e pela contagem de coliformes fecais por 100 ml de amostra de água.

A DBO é o consumo do oxigênio numa amostra de água, pelos microorganismos nela existentes, em mg/L de O_2, durante 5 dias a uma temperatura de laboratório de 20°C.

Na contagem ao microscópio dos coliformes fecais, utiliza-se a nomenclatura NMP (número mais provável) por 100 ml de amostra.

Os rios da RMR apresentam valores de coliformes fecais muito superiores aos máximos admissíveis pelas diretrizes do Ministério da Saúde e da Organização Mundial da Saúde – OMS para a potabilidade, sem tratamento das águas, e do Ministério do Interior (portaria 536 de 1976) para a balneabilidade (CPRM, 1994). A seguir são apresentadas as tabelas referentes a estas diretrizes.

Potabilidade

Classificação	Coliformes totais (NMP/100 ml)	Coliformes fecais (NMP/100 ml)
Excelente	0	0
Muito boa	0 - 100	0 - 10
Boa	100 - 1000	10 - 100
Regular	1.000 - 2.500	100 - 200
Má	> 2.500	>200

Fonte: CPRM (1994).

Balneabilidade

Classificação	Coliformes totais (NMP/100 ml)	Coliformes fecais (NMP/100 ml)
Excelente e boa	< 2500	< 500
Satisfatória	2.500 - 5.000	500 - 1.000
Suspeita	> 5.000	> 1.000

Fonte: CPRM (1994).

A Resolução n° 20 de 18/06/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece a classificação das águas doces, em uma classe especial e mais quatro classes, objetivando os usos e os destinos preponderantes destas águas. Com base na resolução do CONAMA, admite-se como adequadas para a balneabilidade as classes 1 e 2, conforme se pode observar na tabela acima. Considera-se que a classe especial, em cuja água inexistem coliformes, é tão pura que não deve ter a sua condição comprometida por banhos ou recreação de contato primário.

Classificação das águas dos rios e barragens e o tratamento requerido para o consumo humano baseado na Resolução CONAMA N° 20 de 18 de junho de 1986

Classificação	Tratamento	Coliformes fecais NMP/100ml	OD mg/ L O_2	DBO mg/ L O_2	Qualidade
Classe especial	Simples desinfecção	0	>> 6	<< 3	Excelente
Classe 1	Simplificado	< 200	> 6	< 3	Muito boa
Classe 2	Convencional	<1.000	> 5	< 5	Boa
Classe 3	Convencional	< 4.000	> 4	< 10	Regular
Classe 4	Mais elaborado (se viável)	>> 4.000	> 2	> 10	Má

OD = oxigênio dissolvido; DBO = demanda biológica de oxigênio.
Fonte: CONAMA (1986).

A potabilidade sem tratamento prévio da água de que trata a tabela de potabilidade corresponde, na Tabela do CONAMA, à classe especial de qualidade excelente. Os parâmetros do OD, DBO e Coliformes Fecais, embora muito importantes, não são suficientes para estabelecer a qualidade da água de um trecho de rio ou de uma barragem. Entretanto, serve para dar uma idéia da qualidade da água a ser captada para o abastecimento. Se fossem consideradas as análises de mais parâmetros, o resultado desta avaliação poderia piorar, jamais melhorar.

Considera-se como águas de qualidade muito boa a regular aquelas cujas análises dos coliformes fecais, OD e DBO estão compatíveis com as classes 1, 2 e 3, que requerem um tratamento simplificado ou convencional. As águas de qualidade má são aquelas cujo tratamento da água se viável economicamente, não é reconhecido como convencional, sendo pois mais elaborado e oneroso.

Todos os rios da RMR tem suas bacias dentro do Estado de Pernambuco, regendo-se pela legislação estadual. A CPRH utiliza os critérios de tolerabilidade dos parâmetros de qualidade d'água do Decreto Estadual n° 7.269 de 05/06/81 para a classificação das águas. Este decreto classifica as águas interiores situadas dentro do Estado de conformidade com o seu uso preponderante e com o tipo de tratamento da água bruta necessária para o consumo humano, baseado em valores limites de parâmetros de qualidade de água.

Considerou-se, neste documento, os resultados das análises de amostras de água, com os parâmetros de coliformes fecais, DBO e OD, constantes no trabalho "Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco" (CPRH, 1996). Segue-se a tabela referente a este Decreto Estadual:

Classificação das águas superficiais conforme o tratamento requerido para o consumo humano baseada no Decreto 7.269, do Governo do Estado de Pernambuco

Classificação	Tratamento	Coliformes fecais (NMP/100ml)	OD (mg/L O_2)	DBO (mg/L O_2)	Qualidade
Classe 1	Simples desinfecção	0	n.e.	n.e.	Excelente
Classe 2	Convencional	< 1.000	> 5	< 5	Boa
Classe 3	Convencional	< 4.000	> 4	< 10	Regular
Classe 4	Avançado	n.e.	> 0,5	n. e.	Tolerável
Fora da classificação	-	-	-	-	Má

n.e. = não especificado; OD = oxigênio dissolvido; DBO = demanda biológica de oxigênio.
Decreto Estadual n° 7.269, de 1981.

Foram qualificadas as qualidades das águas (Q. A.) dos trechos dos rios da RMR, baseadas nos dados obtidos das estações de coleta da CPRH, considerando o tratamento requerido para estas águas brutas visando o consumo doméstico. Considerou-se como critério, as correlações existentes entre os valores máximos admissíveis de coliformes fecais e DBO, valores mínimos de OD e os tipos de tratamentos constantes no Decreto Estadual n° 7.269, de 05/06/1981. Em síntese, observa-se que a RMR vem apresentando trechos de rios poluídos, pela constatação de valores não toleráveis do parâmetro coliforme fecal pela legislação em vigor, para as classes dos rios, cujas águas são aproveitadas, após tratamento, para o consumo humano. Destes, o mais problemático é o Beberibe, no qual se encontra um ponto de captação de água da COMPESA.

Qualificação da qualidade da água dos trechos dos rios da RMR, baseada no Decreto Estadual n° 7.269, de 05 de junho de 1981.

Bacia	Rio	Estação	Coliformes fecais	OD	DBO	Qualidade
Beberibe	Beberibe	BE 2-11	122.778	4.88	3.20	Regular
	Morno	BE 2-30	109.322	1.35	51.20	Tolerável
	Beberibe	BE 3-35	144.375	1.38	11.21	Tolerável
	Lava Tripa	BE 2-45	114.288	0.16	61.61	Má
	Beberibe	BE 3-50	111.656	0.11	30.33	Má
Botafogo	Botafogo – Vila Araripe	BF 2-20	25.400	4.00	9.70	Tolerável
	Botafogo – ponte BR101	BF 2-30	20.000	6.00	4.00	Regular
Capibaribe	Goitá	CB 2-55	3.000	5.97	2.73	Boa
	Capibaribe	CB 2-60	2.700	4.69	2.25	Regular
	Barragem Tapacurá	CB 2-65	14.850	6.36	2.11	Boa
	Capibaribe - Jusante do rio Tiúma	CB 2-70	15.600	5.38	1.47	Boa
	Capibaribe	CB 2-72	83.436	2.23	5.82	Tolerável
	Capibaribe	CB 2-80	41.525	5.43	3.72	Regular
	Capibaribe - Parque Santana	CB 2-90	100.383	3.28	6.03	Tolerável
	Capibaribe - Abdias de Carvalho	CB 2-95	87.108	2.72	6.21	Tolerável
Igarassu	Igarassu	IG 2-55	130.000	0.30	25.00	Má
	Tabatinga	IG 2-60	20.000	4.50	4.00	Regular
Ipojuca	Ipojuca	IP 2-85	95.870	2.32	10.80	Tolerável
	Ipojuca	IP 2-90	88.580	4.07	11.36	Tolerável
	Ipojuca	IP 9-95	97.700	2.53	11.02	Tolerável
Jaboatão	Jaboatão	JB 2-10	135.900	4.03	9.53	Regular
	Jaboatão	JB 2-15	42.300	4.30	8.59	Regular
	Jaboatão	JB 3-22	128.400	2.30	51.95	Tolerável
	Jaboatão	JB 3-35	130.000	2.80	9.96	Tolerável
	Jaboatão	JB 3 55	140.000	0.48	25.97	Má
	Jaboatão	JB 3-75	99.240	0.80	10.45	Tolerável
	Jaboatão	JB 3-41	118.600	0.80	60.07	Tolerável
	Jaboatão	JB 3-20	128.500	3.33	60.20	Tolerável
Paratibe	Paratibe	PA 2-25	12.222	0.62	6.80	Tolerável
Pirapama	Pirapama	PP 2-20	79.950	2.63	48.03	Tolerável
	Pirapama	PP 2-30	43.920	4.21	43.27	Tolerável
	Pirapama	PP 2-50	3.680	4.83	3.33	Regular
	Pirapama	PP 3 68	79.640	3.49	15.46	Tolerável
	Pirapama	PP 3 75	30.870	4.91	3.00	Regular
	Pirapama	PP 3-80	50.620	3.00	5.56	Tolerável
Timbó	Timbó	TB 2-30	61.891	0.55	8.00	Tolerável
	Timbó	TB2-35	72.282	3.20	5.5	Tolerável

Fonte: CPRH (1996).

4 - Recursos Hídricos Subterrâneos

A maior parcela das águas subterrâneas normalmente utilizadas pelo homem para consumo ou para o desenvolvimento de suas atividades tem origem meteórica, ou seja, são formadas pelas infiltrações no subsolo por águas de chuvas, gelo, neve e neblinas e se encontram em geral, em profundidades inferiores a 1.000 metros (Rebouças, 1992). Mesmo ocorrendo a uma certa profundidade abaixo da superfície do solo, as águas subterrâneas tem na potabilidade a sua principal característica, constituindo geralmente uma fonte mais segura de obtenção de água do que os rios e outros mananciais de superfície, isto porque as águas subterrâneas estão, naturalmente, mais protegidas das contaminações onde, no seu trajeto natural de percolação vertical, a rocha cumpre um papel natural de filtro.

Porém, de um modo geral, o fornecimento de água de um aqüífero deve ser pautado em uma boa distribuição hídrica, de modo a atender as demandas das diversas atividades humanas, obedecendo a avaliação da quantidade necessária e a avaliação do propósito do seu uso (Vidal,1997).

Um aqüífero, por definição, é toda unidade geológica que tenha capacidade de armazenar e liberar água, quer seja por sua porosidade primária (aqüífero intersticial) ou por porosidade secundária (aqüífero fissural / cárstico-fissural). Já um aqüitardo (aqüitarde ou aqüiperme), é toda a unidade litológica que armazena água mas libera muito pouco, com regular permeabilidade e baixa transmissividade, como a argila. Em linhas gerais, a porosidade é conceituada como sendo a relação entre o volume de vazios de uma rocha pelo seu volume total, sendo a porosidade eficaz a relação entre o volume de água drenada (excluindo o volume retido por adsorção, capilaridade, etc.) e o volume total da rocha; a permeabilidade é a capacidade de um meio em permitir a percolação de água por entre os interstícios dos grãos; a condutividade hidráulica é uma medida de velocidade que indica o quanto uma partícula de água flui dentro de um meio; a transmissividade é, conceitualmente, o produto da condutividade hidráulica pela espessura saturada do aqüífero e reflete a quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aqüífero; e o coeficiente de armazenamento é um valor adimensional que reflete a compressão da água dentro do aqüífero, sendo, no caso de um aqüífero livre que está sujeito apenas à pressão atmosférica, igual à porosidade eficaz.

Além da natureza dos aqüíferos, os mesmos podem ser classificados quanto ao seu estado de ocorrência, existindo daí, três tipos gerais de aqüíferos: confinados (quando o aqüífero está confinado por formações impermeáveis sobrepostas, existindo daí pressões superiores à atmosférica), semi-confinados (quando o aqüífero está confinado por formações semi-permeáveis sobrepostas, permitindo um fluxo por drenança de cima para baixo, em condições naturais) e livres (quando o aqüífero sofre apenas as pressões atmosféricas).

As formas de captação das águas subterrâneas são as mais diversas possíveis. Podem ser captadas através de poços ou outras construções, ou naturalmente através de fontes quando a água subterrânea surge naturalmente da rocha. Os poços são, com relação aos seus aspectos construtivos, de três tipos: tubulares (quando se caracteriza por um tubo de até uns 50 cm de diâmetro e profundidade ilimitada), amazonas ou cacimbões (quando se caracteriza por formas mais rudimentares de construção, geralmente de alvenaria, com no mínimo 1 m de diâmetro e profundidade chegando até 30 m), e ponteiras (quando se caracteriza por tubos de pequenos diâmetros e baixas profundidades que são encravados no solo onde, a sua extremidade inferior é em forma de ponteira cônica para facilitar a penetração).

Com relação à profundidade, os poços são de dois tipos: rasos (poços amazonas, ponteiras e alguns tubulares) e profundos (poços tubulares com mais de 30 metros); e com relação à pressão, são de quatro tipos: artesianos (quando a água se eleva dentro do poço por pressões confinantes do aqüífero – aqüífero confinado ou semi-confinado, sem contudo sair naturalmente de dentro do poço), artesianos surgentes (quando a água, além de se elevar dentro do poço, surge naturalmente na superfície sem força jorrante), artesianos jorrantes

(quando a água sai naturalmente do poço com força, caracterizando um jorro) e não-artesianos (quando a água permanece dentro do poço no mesmo nível que fora dele – aqüífero livre). As outras formas de captação de água subterrânea são: túneis, trincheiras e galerias filtrantes, cacimbas escavadas em leitos do rio, e drenos radiais em poços amazonas.

4.1 Caracterização Geológica

A RMR é constituída geologicamente (**Figuras 7 e 7A**) pelas rochas do embasamento cristalino e pelas rochas sedimentares sobrepostas, pertencentes às Bacias Sedimentares do Cabo e Pernambuco-Paraíba, além dos sedimentos de cobertura da Formação Barreiras e sedimentos recentes da Planície do Recife. Essas bacias situam-se ao longo da costa, havendo grandes concentrações populacionais, com o registro de um significativo número de poços tubulares em operação.

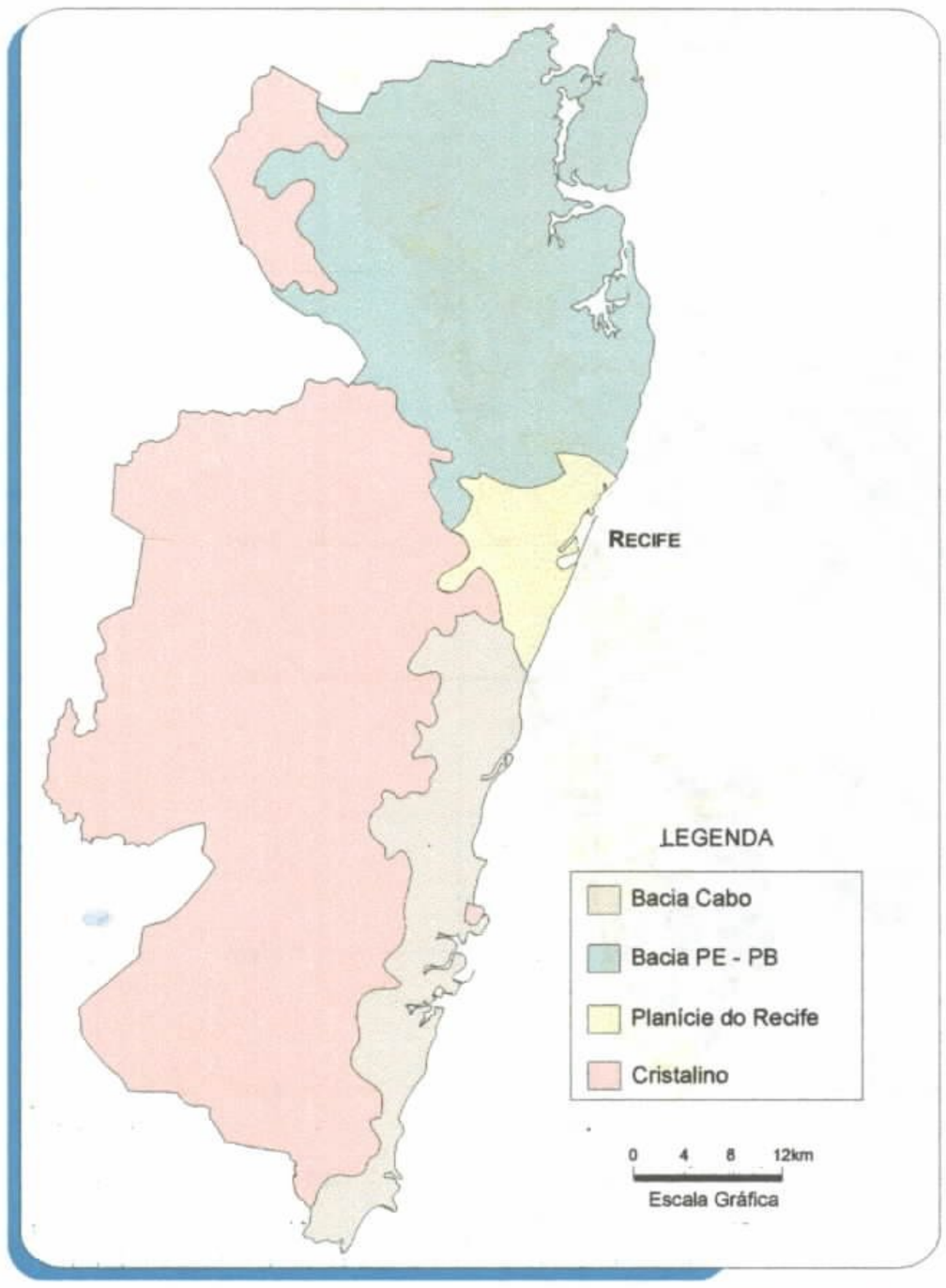


Figura 7 - Principais domínios geológicos da Região Metropolitana do Recife. (Fonte: Costa *et al.*, 1998).

Os sedimentos de cobertura são representados por sedimentos recentes, de praia e de aluvião (Quaternário), e por sedimentos da Formação Barreiras (Tércio-Quaternário).

Os sedimentos recentes ocorrem em toda a Região Metropolitana do Recife e são particularmente desenvolvidos na Planície do Recife onde receberam, em superfície, a designação de Sedimentos Indiferenciados, ao passo que em sub-superfície foram denominados por Costa et al. (1994) de Formação Boa Viagem. Esses sedimentos se sobrepõem aos sedimentos cretácicos e terciários das duas bacias sedimentares ocorrentes na área e possuem uma espessura média na região norte da RMR, em torno 50 metros e máxima em torno de 80 metros.

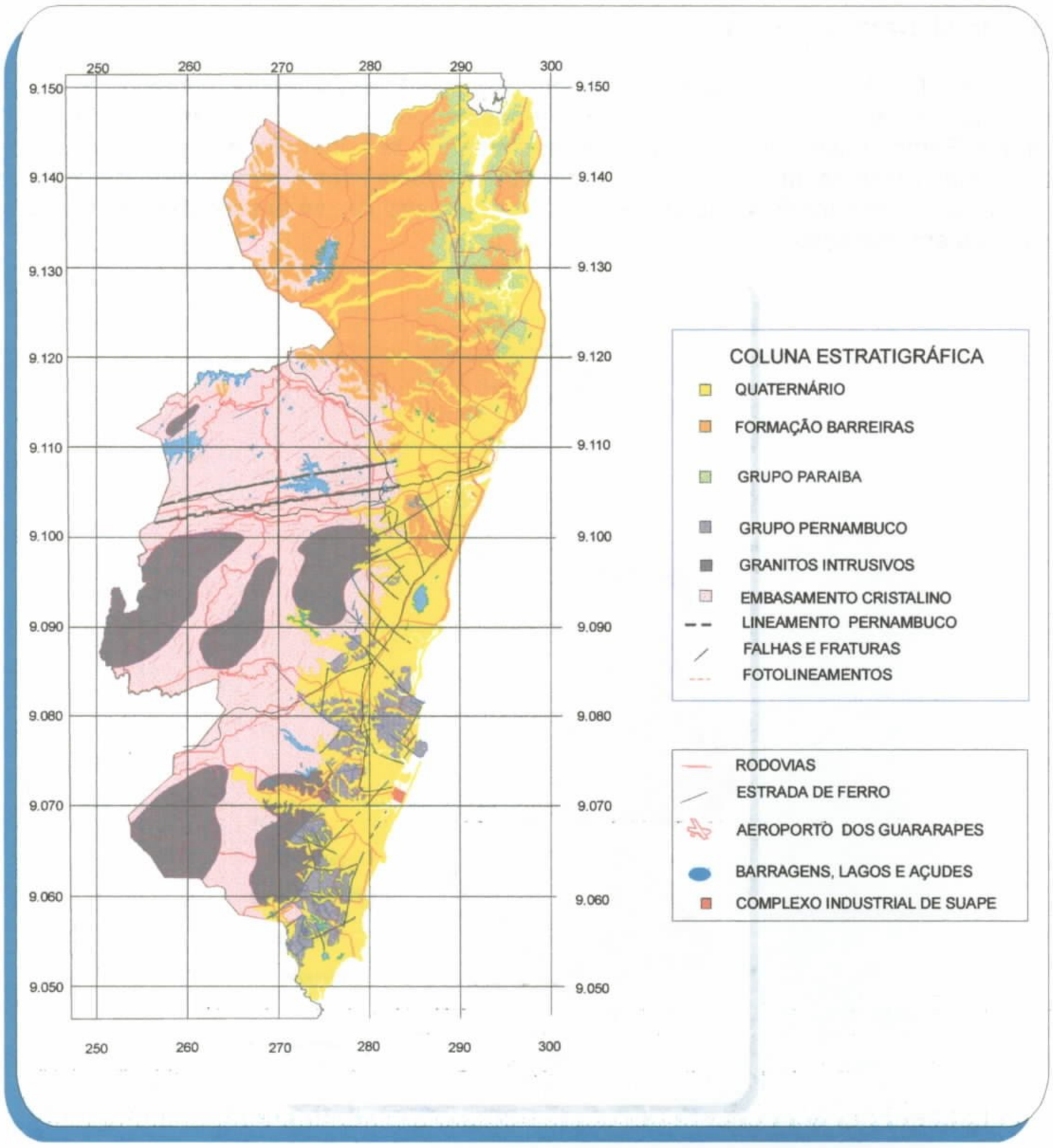


Figura 7A - Mapa geológico da Região Metropolitana do Recife – Simplificado.

A Formação Barreiras apresenta espessuras variáveis, em torno de 40 metros, recobrindo discordantemente e indistintamente o embasamento cristalino e as formações cretáceas e terciárias da Bacia PE-PB. Ocorre principalmente na porção ocidental da faixa sedimentar da zona Norte, ocupando mais de 50% da área da Região Metropolitana do Recife – Parte Norte, correspondente à zona de tabuleiros dissecados por vales estreitos e profundos. As exposições dessa formação no litoral Sul não são significativas, ocorrendo na forma de pequenos morros isolados. Caracteriza-se por areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grosseiros.

A Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba (PE-PB) ocorre a partir do Lineamento Pernambuco ao longo de todo o litoral Norte da RMR, constituindo uma faixa continental que, exibindo largura média em torno de 20 km, estreita-se quase que abruptamente nas proximidades do Lineamento Pernambuco, para assumir uma largura média de 8 km. Estruturalmente apresenta-se como uma homoclinal, com o embasamento cristalino mergulhando suavemente para leste. É caracterizada por estruturas de pequeno rejeito e pacotes sedimentares pouco espessos, produzidos por processos tectônicos flexurais. É formada por uma seqüência de rochas sedimentares que vão desde o Cretáceo com as formações Beberibe (basal, arenítica) e Gramame (superior, calcária), até o Terciário com a Formação Maria Farinha (calcária).

A Bacia Sedimentar do Cabo ocupa toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco e possui uma forma alongada na direção N40E, e uma largura média de 10 km na porção emersa. O limite desta bacia, a Sul, é feito pelo Alto de Maragogi (limite dos estados de Pernambuco e Alagoas), a Norte, pelo Lineamento Pernambuco com direção aproximada E-W (na Planície do Recife), e a Oeste através de falhas normais com o Maciço Pernambuco-Alagoas. Trata-se de uma bacia do tipo *rift* (*Rift* do Cabo) com espesso pacote sedimentar, atingindo mais de 3.000 metros de espessura, constituída pelas formações Cabo (Cretáceo Inferior), Estiva (Cretáceo Médio), Ipojuca (Cretáceo Inferior a Superior) e Algodoais (Cretáceo Superior).

Essa bacia se diferencia em estrutura, estratigrafia e hidrogeologia da Bacia Pernambuco-Paraíba: estruturalmente devido ao seu aspecto não homoclinal (um padrão *graben-horst*), na qual o Lineamento Pernambuco funcionou como uma barreira à evolução do *rift*; do ponto de vista estratigráfico, diferencia-se por possuir as unidades líticas mais antigas de toda a Faixa Sedimentar PE-PB e do ponto de vista hidrogeológico, pelo menor potencial quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas.

O *rift*, que marca a conformação da Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo, teve o aporte de sedimentos marcado por um intenso processo de tectônica extensional que produziu falhamentos de grande rejeito, falhas de transferência de direção NW-SE e pacotes sedimentares clásticos espessos de dimensão e formas geométricas distintas. Esse sistema de falhamentos, associado ao magmatismo intrusivo, compartimentou a Bacia do Cabo em blocos tectônicos e/ou células estruturais com características geológicas e hidrogeológicas distintas. O controle da rede de drenagem e de alguns contatos litológicos, bem como a origem de blocos tipo *grabens* e *horsts*, com destaque para o *Graben* do Cupe-Suape e Candeias e *Horst* do Cabo-Gaibú, são alguns dos fatores resultantes da atuação dos esforços extensionais gerados durante a separação do Continente Gondwana.

O embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, é constituído geologicamente por rochas graníticas, gnáissicas e migmatíticas (Complexo Gnáissico-Migmatítico). Essas rochas estão fraturadas ou fissuradas por esforços tectônicos regionais. Neste meio, a água está armazenada nos espaços fendilhados e/ou fraturados da rocha, limitando a circulação da água.

A visualização espacial e descrição pormenorizada destas unidades geológicas pode ser melhor observada no Mapa Geológico, enquanto que o arcabouço tectônico da região pode ser encontrado no trabalho de Oliveira (1994).

Na seção a seguir, são descritos os aspectos mais relevantes das unidades geológicas caracterizadas como unidades aqüíferas.

4.2 Aqüíferos

Diversos foram os estudos hídricos subterrâneos executados na RMR desde a década de 60, principalmente na Parte Norte. Foram iniciados, em 1966, pelos concluintes do Curso de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, Mont'Alverne e Silva, registrados nos seus relatórios de graduação. Desde então, diversos outros foram processados no âmbito da hidrogeologia (Costa *et al.*, 1998).

Na RMR – Parte Norte, há a ocorrência das rochas do embasamento cristalino, dos sedimentos da Bacia Sedimentar PE-PB, da Formação Barreiras e da Planície do Recife, além de uma pequena ocorrência dos sedimentos da Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo, na zona Sul da Planície do Recife. Na RMR – Parte Sul, há a ocorrência das rochas do embasamento cristalino, dos sedimentos da Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo e da Formação Barreiras

As unidades geológicas exploradas como aqüífero na RMR, descritas a seguir, são, de acordo com o nível de importância:

- ✓ Formação Beberibe (Bacia Sedimentar PE-PB);
- ✓ Formação Cabo (Bacia Sedimentar do Cabo);
- ✓ Formação Boa Viagem (Planície do Recife);
- ✓ Formação Barreiras;
- ✓ Formação Algodoais (Bacia Sedimentar do Cabo);
- ✓ Formações Gramame/Maria Farinha (Bacia Sedimentar PE-PB);
- ✓ Embasamento Cristalino.

A Formação Beberibe, de idade Cretáceo Superior, ocorre extensivamente na Bacia Pernambuco-Paraíba, assentada diretamente sobre o embasamento cristalino. Sua espessura média é da ordem de 180 metros, podendo atingir mais de 350 metros (na região costeira dos municípios de Olinda e Paulista), com as camadas mergulhando suavemente em direção ao mar. Regionalmente, as espessuras aumentam de oeste para leste, havendo ainda uma tendência de redução no sentido norte-sul.

O Aqüífero Beberibe constitui-se no melhor aqüífero e principal fornecedor de água subterrânea de toda a Região Metropolitana do Recife. Ocorre na porção norte e na Planície do Recife, sendo explotado para o abastecimento público, doméstico e empresas comerciais de água mineral, devido a qualidade de suas águas.

Com base em diferenças litológicas e algumas particularidades locais, Costa (1968) subdividiu a Formação Beberibe em dois sub-níveis (Aqüífero Beberibe Inferior e Aqüífero Beberibe Superior) . O primeiro se caracteriza por arenitos continentais quartzosos de granulações variáveis, com intercalações de siltitos e folhelhos, e no segundo predominam arenitos duros, de origem marinha, compactos, com abundante cimento calcífero (fácies litorânea). Como não ocorre separação nítida entre os dois membros, pode-se tratar o conjunto Beberibe como um único aqüífero. Constitui-se, portanto, num sistema hidráulico único apresentando localmente, uma camada ou nível semi-permeável (siltica ou argilosa) de fácies lagunar e com espessura variável (média de 10 metros). Na maior parte ocorre como um aqüífero semi-confinado drenante, com forte anisotropia e permeabilidade vertical menor em relação à horizontal. Em áreas restritas, esse nível siltico-argiloso funciona como aqüitardo, separando os dois sub-níveis, e condicionando um comportamento de semi-confinado para o sub-nível inferior.

Possui transmissividade de 2,2 x 10^{-3} m^2/s, condutividade hidráulica de 2,2 x 10^{-5} m/s, porosidade eficaz de 1,0 x 10^{-1} e coeficiente de armazenamento de 2,0 x 10^{-4}. Estes valores dos parâmetros hidrodinâmicos refletem uma composição arenosa fina a siltosa/argilosa, porém de bom potencial hidrogeológico.

As características litológicas desse aqüífero proporcionam uma estratificação química das suas águas, com águas cloretadas sódicas a cloretadas mistas (**Figura 8**) e mais agressivas na porção inferior e águas carbonatadas com dureza elevada na porção superior. Quanto à qualidade das águas para o consumo humano (potabilidade), 97% estão dentro do limite estipulado pela Organização Mundial de Saúde - OMS (Costa Filho, 1997), levando-se em consideração os limites das concentrações de cloretos, resíduo seco e sódio que são, respectivamente, de 250 mg/l, 1.000 mg/l e 200 mg/l. Já é conhecida a existência de zonas salinizadas do Aqüífero Beberibe na Planície do Recife, cujos mecanismos são decorrentes, em parte, de transferências de águas salinizadas do Aqüífero Boa Viagem por processos de filtração vertical nas zonas mais permeáveis. Estes processos são induzidos pela diminuição das cargas potenciométricas do Aqüífero Beberibe, em decorrência dos super-bombeamentos localizados.

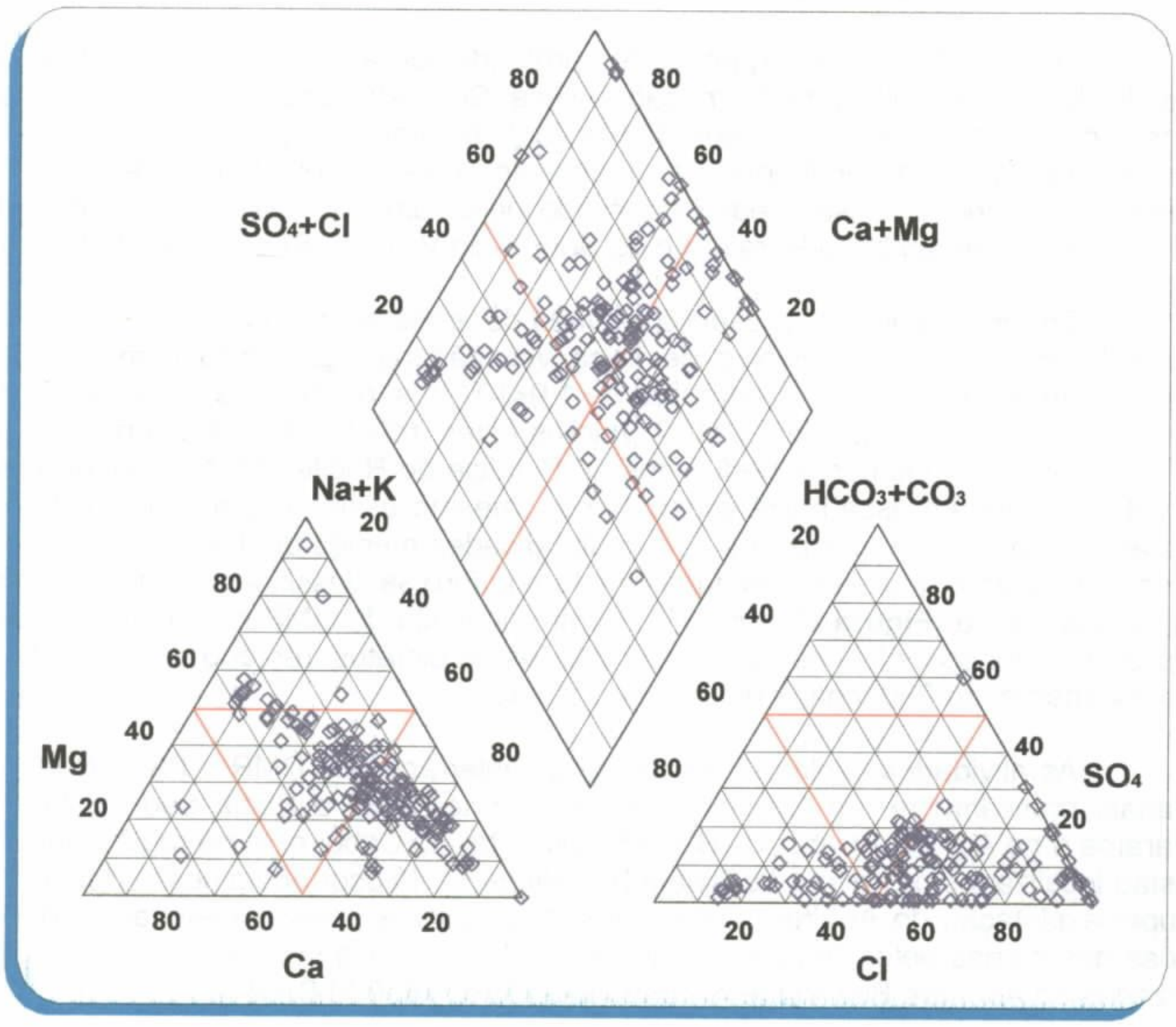


Figura 8 - Diagrama de Piper das classificações das águas do Aqüífero Beberibe Inferior, na Região Metropolitana do Recife (Costa *et al.*, 1998).

Por outro lado, os poços mal construídos e/ou abandonados também vêm contribuindo para salinização e a contaminação do aqüífero sotoposto, face a ausência ou má construção da cimentação do espaço anelar entre o revestimento e o poço acima da zona aqüífera inferior. A hipótese de salinização por intrusão marinha, não vem sendo aceita pelo fato de estudos com isótopos naturais haverem concluído que essas águas não são de origem marinha (Costa *et al.*, op. cit.).

O limite lateral entre esta unidade e a Formação Cabo, na Planície do Recife, constitui-se num dos pontos mais controvertidos dos estudos geológicos e hidrogeológicos já efetuados na região. Segundo Costa *et al.* (*op. cit.*), na área do bairro do Pina, perfurações alcançaram o embasamento com fragmentos de milonito, comprovando a existência do Lineamento Pernambuco, naquela localização. Esse evento tectônico, provavelmente, é o responsável pela delimitação sul da Bacia Pernambuco-Paraiba, tendo sido reativada essa zona de falhamento transcorrente, com afundamento do bloco norte e deposição da seqüência areno-calcária daquela bacia sedimentar. Dessa maneira, é provável que toda a seqüência sedimentar da zona Sul, em Boa Viagem/Piedade/Candeias seja representada pela Formação Cabo sobreposta pelos sedimentos recentes, denominado de Aqüífero Boa Viagem. Com efeito, o arenito que ocorre na região Sul é muito argiloso, predominantemente arcoseano, típico da Formação Cabo e totalmente diferente da Formação Beberibe.

Os sedimentos da Formação Cabo, de idade Cretáceo Inferior - Aptiano, que pertencem à Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo, constituem a segunda formação aqüífera mais explotada da RMR. Sua litologia é muito variada, sendo constituída de conglomerados polimíticos de matriz arcoseana, arcóseos, siltitos, argilitos e arenitos. As espessuras são muito variáveis, desde algumas dezenas de metros até mais de 2.900 metros (Costa *et al.*, *op. cit.*).

O Aqüífero Cabo é explotado em profundidade até o limite com o substrato impermeável do derrame basáltico da Formação Ipojuca. Seus afloramentos mais setentrionais conhecidos ocorrem na periferia da cidade do Recife, imediatamente ao sul do Lineamento Pernambuco, ocorrendo ainda, recobertos por sedimentos recentes em toda a região de Boa Viagem-Piedade-Imbiribeira. Esse lineamento é tido hoje como o limite das bacias sedimentares do Norte (Bacia Pernambuco-Paraíba) e do Sul (Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo).

Em decorrência da presença elevada de argila em todas as fácies da formação, esta é considerada como um aqüífero de fraca vocação hidrogeológica com transmissividade de $8{,}6x10^{-4}$ m^2/s, condutividade hidráulica de $1{,}0x10^{-5}$ m/s, porosidade eficaz de $7{,}0x10^{-2}$ e coeficiente de armazenamento de $1{,}0x10^{-4}$, valores estes, refletindo uma composição areno-argilosa a síltico-arenosa. Os poços perfurados na Planície do Recife, no lado Sul do Lineamento Pernambuco, atestam essa baixa vocação mas, mesmo assim, é o responsável pelas captações de água subterrânea, por poços com profundidades médias de 100 metros, das área a Sul do Recife. Quanto à qualidade, as águas deste aqüífero se classificam como, predominantemente, cloretada sódica (**Figura 9**), com 91% dentro do limite da OMS para potabilidade (Costa Filho, *op. cit.*), segundo os limites das concentrações de cloretos, resíduo seco e sódio que são, respectivamente, de 250 mg/l, 1.000 mg/l e 200 mg/.

As atividades exploratórias da água subterrânea da RMR – Parte Norte estão concentradas, praticamente, no Aqüífero Beberibe, pertencente a Bacia Sedimentar Pernambuco – Paraíba e no Aqüífero Cabo, da Bacia Sedimentar do Cabo, este na região Sul do Recife, onde estão localizados os bairros do Pina e Boa Viagem. Há ocorrência nesse domínio de áreas com super-explotação do Aqüífero Cabo, mostrando curvas potenciométricas fechadas com inversões das cargas potenciométricas, que acarreta drenança vertical descendente de águas salinizadas do Aqüífero Boa Viagem, contaminando o Aqüífero Cabo.

Os sedimentos recentes do Aqüífero Boa Viagem (Costa *et al.*, 1994), são compostos por 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. Esses sedimentos afloram em quase toda a superfície da Planície do Recife, ora recobrindo os sedimentos do Aqüífero Beberibe e Cabo, ora sobre o embasamento cristalino na região mais a Oeste.

A variação da litologia e da ocorrência desses sedimentos diversos e das suas dimensões espaciais, resulta numa grande variação dos parâmetros hidrodinâmicos, impossibilitando o cálculo de valor médio que seja representativo para o sistema aqüífero.

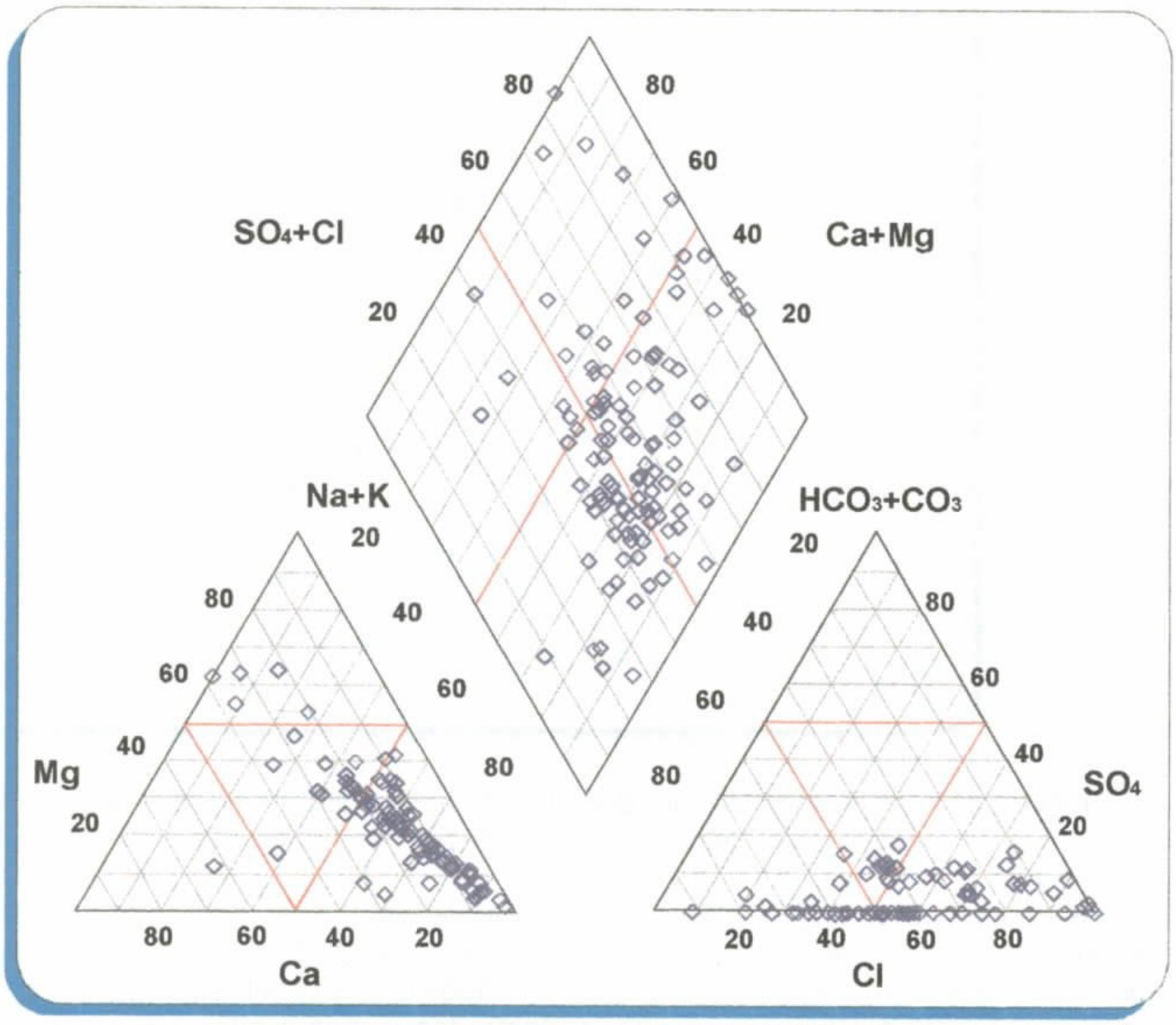


Figura 9 - Diagrama de Piper das classificações das águas do Aqüífero Cabo, na Região Metropolitana do Recife (Costa *et al.*, 1998).

Na Planície do Recife, onde o mesmo é mais característico, possui transmissividade de $7{,}0 \times 10^{-3}$ m^2/s, condutividade hidráulica de $1{,}7 \times 10^{-4}$ m/s e porosidade eficaz de $1{,}0 \times 10^{-1}$. Embora possam constituir localmente bons armazenadores de água subterrânea, como demonstram estes parâmetros hidrodinâmicos, a importância como aqüífero é comprometida, em razão da sua vulnerabilidade à contaminação por águas salinizadas e/ou poluídas.

A variação química das águas também se faz presente, denotando águas cloretadas mistas a cloretadas sódicas de ambiente cloretado cálcico-magnesiano (**Figura 9**), com qualidade de 88% quanto ao limite de potabilidade da OMS (Costa Filho, *op. cit.*), levando-se em consideração os limites das concentrações de cloretos, resíduo seco e sódio que são, respectivamente, de 250 mg/l, 1.000 mg/l e 200 mg/l.

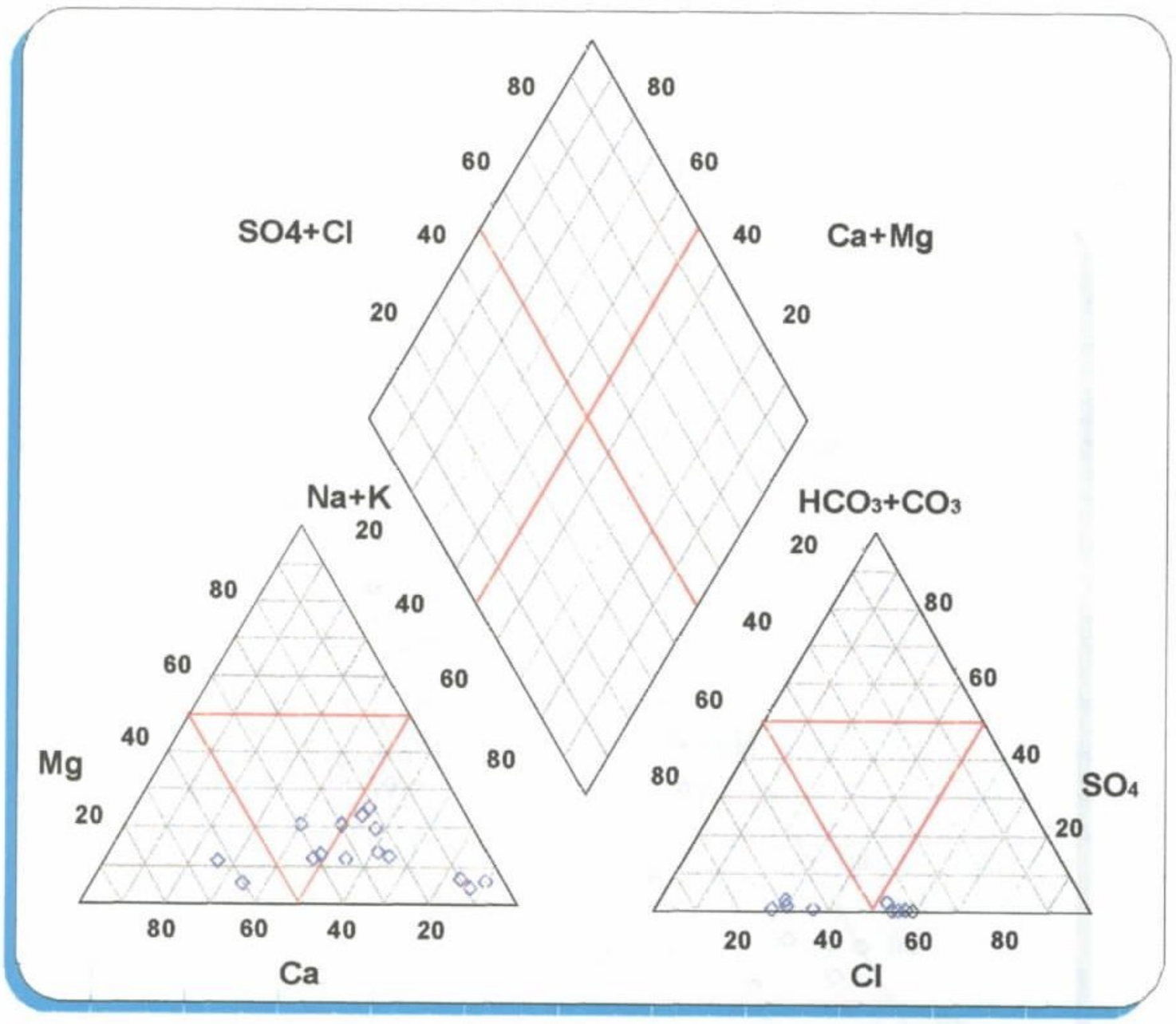


Figura 10 - Diagrama de Piper das classificações das águas do Aqüífero Boa Viagem, na Região Metropolitana do Recife (Costa *et al.*, *op. cit.*).

As captações do Aqüífero Boa Viagem são feitas através de poços executados a trado e revestidos em 4" e 2" com profundidades de até 20 metros, bem como poços amazonas com diâmetros de 1 a 2 metros e poços ponteiras cravados com diâmetro de 1" tendo profundidades em torno de 10 metros. São mais de 600 cadastrados, concentrados principalmente na região comercial e mais central do Recife, podendo também ser encontrados nos bairros periféricos. A vazão de explotação é muito baixa, chegando a valores inferiores a 1 m^3/h (Contécnica, 1998).

Na região Oeste da Planície do Recife, o Aqüífero Boa Viagem é mais explotado por poços tubulares; suas espessuras médias oscilam em torno de 50m, como é o caso dos bairros do Curado, Cidade Universitária, Várzea, Engenho do Meio, Caxangá e Dois Irmãos. Na região de Boa Viagem, esse aqüífero chega a atingir até 80m de espessura. Exibem ainda importância hidrogeológica em outras áreas localizadas e restritas, principalmente na zona urbana e ao longo do litoral, onde são explotados por poços rasos, cacimbas, poços amazonas e cacimbões, para abastecimento de granjas, casas de campo e de praia.

Este aqüífero desempenha um papel importante na alimentação das águas subterrâneas dos aqüíferos Cabo e Beberibe, pois ao longo de toda a sua superfície não urbanizada e pavimentada, recebe recarga através das chuvas e secundariamente através dos trechos da rede hidrográfica da área desse domínio hidrogeológico, e ainda, das significativas perdas por vazamentos da rede de abastecimento e saneamento público.

Por não haver uma nítida separação entre este aqüífero com os demais sotopostos, foi denominado por Costa *et al.* (*op. cit.*) de Sistema Aqüífero Beberibe/Boa Viagem e Sistema Aqüífero Cabo/Boa Viagem. A distribuição e a forma espacial desse sistema aqüífero são bastante variadas, condicionadas às suas áreas de ocorrência e posicionamento topográfico, pouco profundo, de espessura reduzida e alta permeabilidade.

A Formação Barreiras é constituída por uma seqüência predominantemente areno-argilosa, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos de granulometria mais grossa. Constitui um sistema aqüífero que pode, localmente, ser merecedor de atenção na RMR - Parte Norte, caracterizado por uma seqüência aqüífera freática, com níveis confinados em profundidade. Porém, sua explotação é pouco desenvolvida, tendo em vista que a área de afloramento aparece com maior importância hidrogeológica quando ocorre sobreposta às rochas do embasamento cristalino, principalmente na zona rural, onde a Formação Barreiras é explotada por cacimbas e poços amazonas. Além do mais, a fração granulométrica predominante é a síltico-argilosa com reduzida vocação hidrogeológica.

A produtividade desse sistema aqüífero pode ser considerada como média, com vazão específica média, em torno de 1,9 $m^3/h/m$ e vazões dos poços variáveis em torno de 16 m^3/h, transmissividade de 1,7 x 10^{-3} m^2/s, condutividade hidráulica de 3,4 x 10^{-5} m/s e porosidade eficaz de 5,0 x 10^{-2}. A qualidade da água é boa, com média de resíduo seco de 165 mg/l.

A Formação Algodoais, designada por Lima Filho (1997), é composta por um pacote de arenito friável, maciço, composto de fragmentos angulosos de quartzo e feldspato em matriz mais fina areno-argilosa, com cor avermelhada e de idade Cretácea (Coniaciano), sobreposta ao vulcanismo Ipojuca.

Poços perfurados em 1994 pela CPRM no município do Cabo de Santo Agostinho, que estão captando água do Aqüífero Algodoais, apresentaram vazões específicas da ordem de 2,7 $m^3/h/m$, sendo a sua participação no abastecimento ainda muito pequena em razão das ocorrências, geralmente localizadas em áreas rurais pouco habitadas.

As formações Gramame e Maria Farinha são caracterizadas por sedimentos carbonatados de idade cretácica, individualizadas apenas pelo conteúdo faunístico da segunda sobreposta à primeira. Ocorrem ao longo da porção Leste da Bacia Sedimentar PE-PB, da cidade de Olinda para Norte, recobrindo os arenitos calcíferos do topo da Formação Beberibe em contato concordante e gradacional (Formação Gramame).

Não possuem um efetivo sistema cárstico e as características litológicas e tectono-estruturais destas formações não lhes conferem importância como reservatório de água subterrânea. Sua atuação como aqüífero é muito pouco explorada, sendo raros os poços que captam água do mesmo, em parte pelos volumes reduzidos que o aqüífero oferece (em torno de 1 m^3/h) e, por maior razão, pela qualidade da água de elevada dureza, rica em bicarbonatos.

As rochas cristalinas da área estão, segundo Costa *et al.* (*op. cit.*), afetadas por uma deformação transcorrente originária de mega-cisalhamentos que são ramificações do Lineamento Pernambuco, caracterizando o Aqüífero Fissural. A maioria desses cisalhamentos orientam-se segundo a direção NE-SW e, provavelmente, estão associados a um sistema de fraturas, que pode ser controlador, juntamente com o regolito, da potencialidade dos aqüíferos fissurais nesse domínio. Estas rochas são muito heterogêneas e anisotrópicas não somente quanto à distribuição e densidade de fraturas, mas também quanto à sua abertura.

O regolito, ou manto de intemperismo, cuja espessura chega até 30m, é constituído por solo de alteração de rocha, rocha muito alterada, aluvião, eluvião e outros materiais incoerentes, principalmente por argilas, que possuem boa porosidade e baixa permeabilidade, dificultando a recarga do aqüífero fissural sotoposto.

Embora esse domínio não desempenhe papel importante, em potencialidade, quando comparado aos outros domínios da RMR, ele representa, de qualquer forma, um paliativo para abastecimento de água à população local, sobretudo rural. O manto de intemperismo, apesar da heterogeneidade e produção em geral baixa a média, exerce papel importante na recarga e proteção do aqüífero de rocha sã fraturada, mesmo quando é pouco espesso.

Por esse motivo, a sua preservação é fundamental para a manutenção da quantidade e qualidade das suas águas subterrâneas.

Na RMR há ocorrências de cacimbas e poços tipo Amazonas que captam água do regolito e manto de alteração, e podem ser escaváveis por processos manuais (pá e picareta). Também observam-se perfurações mecanizadas (poços tubulares) com profundidades em torno de 50 metros captando água nas fraturas da rocha sã (Aqüífero Fissural). A produtividade desse aqüífero fissural é fraca, com poços de vazões específicas inferiores a 1 $m^3/h/m$ e vazões inferiores a 3,0 m^3/h para rebaixamento de nível d'água de 25m. A qualidade química da água em geral não é muito boa, quando comparada com os outros domínios da RMR, com predominância de cloretos, e resíduo seco médio próximo de 1.000 mg/l.

4.3 Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas

A vulnerabilidade de um aqüífero à poluição significa sua maior ou menor suscetibilidade de ser afetado por uma carga contaminante imposta (Foster *et al.*, 1988). A vulnerabilidade natural de um aqüífero é a maior ou menor facilidade do mesmo ser afetado por uma carga contaminante (Leal, 1996).

A metodologia de Foster *et al.* (1988) define as classes de vulnerabilidade natural dos aqüíferos a partir de três fatores relacionados à ocorrência de água subterrânea (**Figura 11**), a saber:

- ✓ tipo de ocorrência do aqüífero;
- ✓ tipos litológicos existentes acima da zona saturada, enfatizando seu grau de permeabilidade;
- ✓ profundidade do nível da água ou teto do aqüífero.

Cada um destes fatores, ao ser avaliado, recebe um índice, sendo o produto destes parâmetros também um índice que indica a vulnerabilidade natural do aqüífero.

A vulnerabilidade natural do Aqüífero Beberibe é considerada baixa nas suas condições de confinamento, que é proporcionado por camadas permeáveis a semi-permeáveis, e também no Aqüífero Cabo, pelas suas condições litológicas, e média a alta para o Aqüífero Boa Viagem.

As cargas contaminantes mais representativas são os resíduos sólidos urbanos, efluentes domésticos, cemitérios, depósitos de combustíveis, indústrias com alguns níveis de poluição, que não constituem ameaças às águas dos aqüíferos Beberibe e Cabo, por estes se situarem em profundidade, protegidos por camadas impermeáveis e semi-permeáveis que impedem o avanço do agente contaminador, salvo através de poços abandonados que podem constituir-se em focos de contaminação pontual.

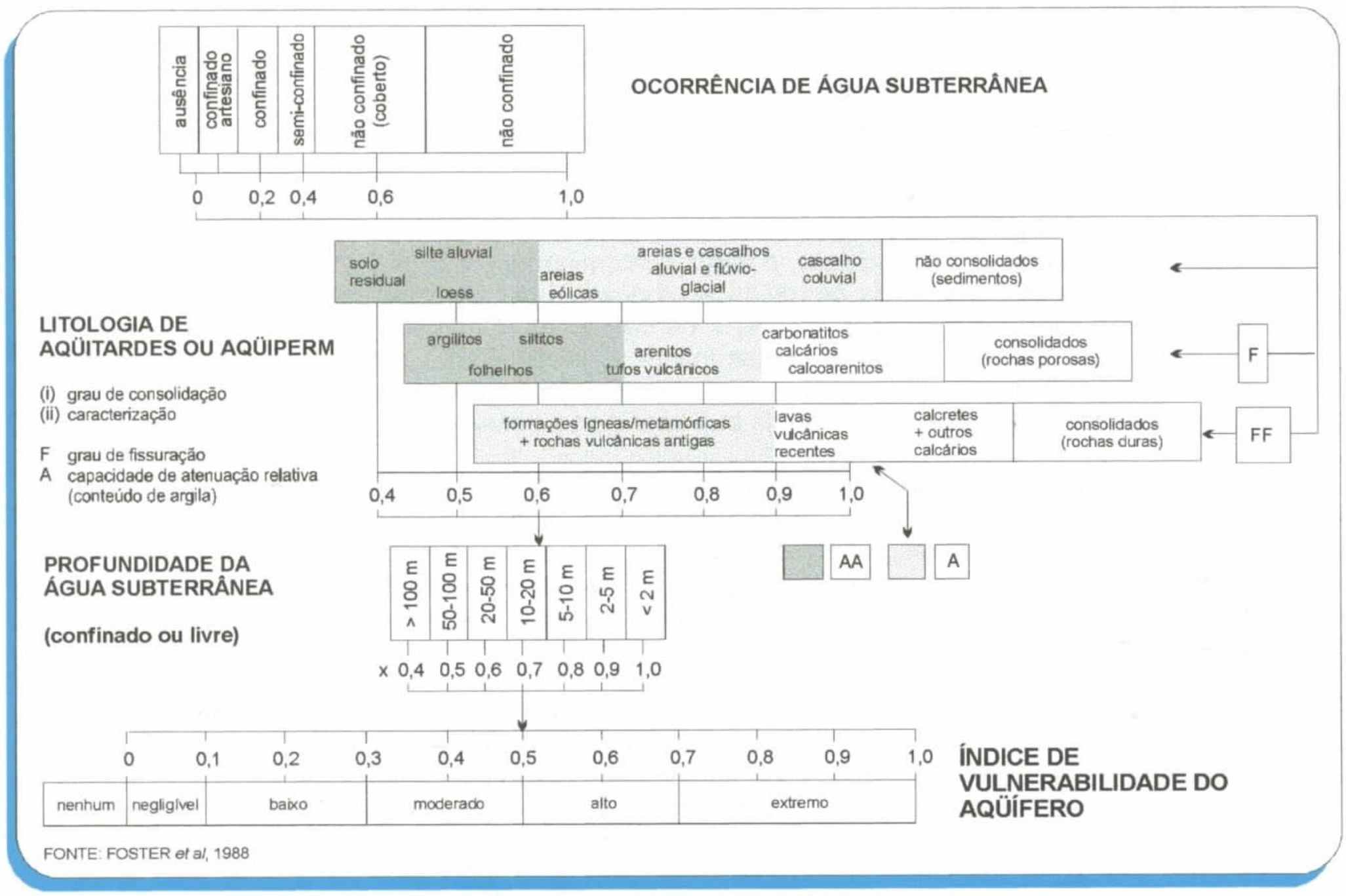


Figura 11 - Esquema para avaliação da vulnerabilidade natural do aqüífero

a) Na RMR - Parte Norte

Apenas as áreas de afloramento do Aqüífero Beberibe, em que este aqüífero é livre e a vulnerabilidade é considerada moderada a alta, encontram-se potencialmente suscetíveis a algum tipo de poluição: são áreas bastante urbanizadas, com precário sistema de tratamento de efluentes domésticos e utilizam a drenagem tanto como despejo de esgotos cloacais como destino final da produção de resíduos sólidos, além da utilização dos poços profundos antigos ou especialmente construídos para despejos químicos pelas indústrias, merecendo, desta forma, atenção especial (Contécnica, 1998).

Na RMR – Parte Norte há uma grande quantidade de postos de combustíveis (aprox.150). As instalações subterrâneas dos depósitos de combustíveis, cujo equipamento pode ser um ou mais tonéis, onde são acondicionados os derivados de petróleo (gasolina e óleo diesel) para a comercialização ao público, nem sempre são vistoriadas. Neste caso, é comum que a ação corrosiva do tempo forme vazamentos dos produtos derivados do petróleo, os quais, segundo as normas do *Office of Technology Assessment* (OTA) do Congresso do Estados Unidos, modificado por Fetter (1993, *in* CPRM, 1997), são enquadrados como "fontes projetadas para armazenar, tratar ou receber substâncias". Estas, referem-se aos vazamentos de tanques de armazenamento (produto de petróleo, químicos agrícolas e outros químicos), rotulados como originadores de contaminação da água subterrânea. Este tipo de contaminação atinge mais facilmente as águas dos aqüíferos livres.

Segundo informações divulgadas por estudiosos do assunto, na cidade do Rio de Janeiro, que conta com mais de 2.000 postos de distribuição de derivados de petróleo, é estimado que aproximadamente 30% dos mesmos apresentam vazamentos que comprometem as águas subterrâneas.

Já na região Sul do município do Recife a área de ocorrência do Aqüífero Cabo é restrita a umas pequenas exposições formada de morros. A sua composição litológica é de conglomerados, arcóseos e argilitos, que conferem uma vulnerabilidade média a baixa.

Tanto a sua porção aflorante, com uma ocupação urbana bastante acentuada, como nas partes baixas cobertas pelos sedimentos do Aqüífero Boa Viagem, onde realmente existe uma alta densidade de urbanização, a carga contaminante principal é constituída por efluentes domésticos, vindo em seguida os resíduos produzidos por algumas unidades fabris, os focos de resíduos sólidos domésticos (lixões) e os cemitérios. Onde esse aqüífero é coberto pelo Aqüífero Boa Viagem, a carga contaminante é praticamente retida pelo citado aqüífero sobreposto, primeiro, devido ao fato da sua considerável espessura e, segundo, por haver uma camada, embora descontínua, de argila que impediria a passagem.

O Aqüífero Boa Viagem aflora em extensas áreas da Planície do Recife e possui vulnerabilidade moderada a alta. As captações executadas por poços rasos correm o risco de ter as suas águas afetadas por agentes como fossas sépticas, esgotos cloacais, cemitérios e depósitos de combustíveis, que não estejam num raio de proteção do poço. Esse risco é maior na planície do Recife, onde a profundidade da água do Aqüífero Boa Viagem chega, em alguns locais, a menos de 1,0 metro.

Nos mapas de Atividades Impactantes (**Anexos I** e **II**) estão representadas algumas indústrias catalogadas e monitoradas pela CPRH (1994), que contribuem com algum tipo de poluição ao meio ambiente, cujas características do parque industrial local não se constituem no principal agente contaminador da drenagem e do solo da RMR (significativas áreas de recarga dos aqüíferos). Contribuições importantes são os esgotos cloacais, os resíduos sólidos (lixões ativos e desativados) e os cemitérios. Estes últimos carentes de estudos de monitoramento.

b) Na RMR – Parte Sul

Na parte Leste de Ipojuca, correspondente às praias de Porto de Galinhas, Cupe e Maracaípe, onde não há abastecimento d'água do órgão oficial e são consideradas áreas de grande atração turística, o uso da água subterrânea é intenso, captando água dos terraços do Holoceno, não havendo no local uma infra-estrutura de tratamento de esgotos e abastecimento d'água. Esses poços são alvo dos efeitos da poluição dos esgotos, fossas sépticas e focos de resíduos sólidos urbanos (lixo) em conseqüência da alta permeabilidade dos terraços do Holoceno, o que facilita sobremaneira a contaminação.

Este tipo de contaminação se enquadra na classificação do *Office of Technology Assessment* (OTA) do Congresso dos Estados Unidos que no item de "fontes projetadas para recepção de substâncias" refere-se a fossas sépticas (águas residuais e esgotos domésticos) como uma das fontes de contaminação da água subterrânea (Contécnica, *op. cit.*).

Há ainda várias disposições de resíduos sólidos (lixões) nos terrenos com alta vulnerabilidade (terraços marinhos holocêncios e pleistocênicos, caracterizados como aqüíferos livres) que segundo o OTA, modificado por Fetter (*op. cit.*) enquadram-se no item "fontes projetadas para armazenar, tratar ou receber substâncias" referindo-se a "aterros sanitários" (lixões urbanos, restos de demolições, lodos de estações de tratamento, materiais tóxicos e resíduos perigosos de fundições ou indústrias) como perigosos às águas subterrâneas.

A presença do cemitério no distrito de Nossa Senhora do Ó, no município de Ipojuca, assentado sobre os sedimentos permeáveis dos terraços marinhos, é potencialmente perigosa para as águas subterrâneas da área e para as populações que consomem essas águas porque correrão riscos de saúde.

De acordo com Pacheco *et al.* (1992), os cemitérios constituem um risco potencial para as águas subterrâneas devido a presença de microorganismos, que proliferam durante o processo de decomposição de corpos. Recomenda que na projeção de novos cemitérios sejam definidos perímetros de proteção ambiental no seu entorno, como forma de proteger as águas subterrâneas de abastecimento e a saúde pública.

O abastecimento do referido distrito, porém, que antes era através de captações rasas (cacimbas) e de três poços com mais de cem metros de profundidade, é atualmente realizado através do sistema de águas superficiais da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA.

No que se refere às demais atividades de explotação de água subterrânea nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho que, de maneira incipiente utiliza o Aqüífero Algodoais e o manto de intemperismo das rochas pré-cambrianas, deverão ser tomados os devidos cuidados quanto à criação de animais. O impacto provocado pela produção de esterco (bactérias e nitrogênio), induz a recomendação de que sejam depositados em locais distantes e protegidos para que não se tornem foco de contaminação da água subterrânea.

4.4 Abastecimento por Poços

As atividades exploratórias da água subterrânea da RMR estão concentradas, praticamente, no Aqüífero Beberibe, pertencente à Bacia Sedimentar Pernambuco – Paraíba e no Aqüífero Cabo, da Bacia Sedimentar do Cabo. Há ocorrência no domínio da Planície do Recife de áreas com super-explotação do Aqüífero Cabo, mostrando curvas potenciométricas fechadas com inversões das cargas potenciométricas, que acarreta drenança vertical descendente de águas salinizadas do Aqüífero Boa Viagem, contaminando o Aqüífero Cabo.

a) Na RMR – Parte Norte

Com uma população estimada em mais de 2,4 milhões de habitantes (IBGE, 2001) a RMR – Parte Norte conta com um sistema de abastecimento de água proveniente de vários mananciais de superfície que, embora assegure a presença do líquido aos seus habitantes, freqüentemente registra *déficits* no fornecimento, compensado pelo uso da água subterrânea, que representa uma opção segura e menos onerosa de abastecimento.

A utilização de poços tubulares como forma de abastecimento é feita tanto pelo órgão oficial de abastecimento, a Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, que possui vários poços em operação, como por um grande número de poços particulares, principalmente em condomínios residenciais.

Os estudiosos têm acompanhado ao longo das últimas três décadas o aumento da perfuração de novos poços na região, observando que o uso desordenado da água subterrânea vem causando impactos nos principais aqüíferos da região. Isto se deve ao crescimento da população, onde são registrados percentuais elevados de urbanização, e aos fenômenos climáticos que provocam a ausência de chuvas, tão abundantes em épocas normais, fazendo com que haja diminuição significativa da lâmina d'água dos reservatórios de abastecimento. Estudos realizados pela Contécnica (*op. cit.*) verificaram que as vazões dos poços perfurados que servem aos particulares são, em média, dez vezes menores que as dos poços perfurados e explotados pela COMPESA. Dessa forma, a vazão obtida pela empresa do estado em 103 poços públicos monitorados foi de 1.498,8 l/s (aproximadamente 1,5 m^3/s), equivalente a uma vazão média de 52,03 m^3/h ou 47,3 x 10^6 m^3/ano.

Na Planície do Recife foram cadastrados cerca de 700 poços (até 1996). A maioria destina-se ao abastecimento de condomínios residenciais ou prédios públicos, cujas demandas não são muito elevadas, adotando-se uma vazão média de 4 m^3/h e um regime médio de explotação de 8h/dia. Nestes poços, atinge-se a uma vazão total anual de 7,6 x 10^6 m^3/ano que corresponde a 16% do que é explotado em um número seis vezes menor de poços na RMR – Parte Norte, municípios de Olinda, Paulista, Abreu e Lima, Igarassu, Itamaracá, Itapissuma e Araçoiaba (Costa, 1998).

b) Na RMR – Parte Sul

O incremento das atividades comerciais, industriais e turísticas tem gerado um aumento considerável do consumo de água na área.

Apesar de contar com os serviços de abastecimento d'água da COMPESA, provenientes de vários mananciais de superfície, a demanda aumenta mais rápido que a oferta, de modo que a água subterrânea dos aqüíferos Cabo, Boa Viagem e Algodoais, representa um reforço para o abastecimento da área. Este último com uma restrita parcela nos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca.

Este tipo de utilização da água subterrânea é muito comum nas áreas residenciais das praias dos municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca. Neste último, não há fornecimento de água pela empresa oficial, apesar da existência de intensa atividade turística. Na zona rural, a água é captada do manto de intemperismo das rochas pré-cambrianas.

No Complexo Portuário Industrial de Suape as indústrias utilizam poços tubulares, apesar de contar com um sistema de barragens construídas para abastecê-lo, apenas para determinados fins, como resfriamento de tanques de combustível, aguar áreas verdes de proteção a incêndios, etc.

Na região das praias do município de Ipojuca, como Porto de Galinhas, Cupe e Maracaípe, por falta de um sistema de abastecimento da empresa oficial, existe um sistema autônomo de abastecimento onde a população constrói seus próprios poços.

4.5 Impactos nas Águas Subterrâneas

A maneira como o homem faz uso da água gera impactos na sua qualidade e na quantidade. Estes impactos afetam tanto as águas de superfície como as subterrâneas. Os estudiosos afirmam que a convivência do homem diante dos recursos hídricos disponíveis gera problemas pelo seu uso e que já está criando uma crise em grande parte do mundo (ECO 92).

As águas subterrâneas podem ser contaminadas por bactérias patogênicas, além de substâncias químicas extremamente perigosas para o homem. Enquanto a contaminação de um manancial de superfície constitui, em geral, um problema agudo e visível, identificável pela mudança da cor da água, presença de espuma, aparecimento de peixes mortos, etc., a contaminação dos aqüíferos é invisível e pode transformar-se num problema crônico, na medida em que só venha a ser identificada por meio dos efeitos na saúde pública (Rebouças, *op. cit.*).

A excessiva explotação de água subterrânea para diversos fins, particularmente para o abastecimento público, bem como para projetos de irrigação que usam como manancial prioritário este tipo de captação d'água, tem levado os aqüíferos a ficarem sujeitos aos impactos da extração descontrolada por poços, que ao lado da ocupação urbana indisciplinada do solo, põe em risco a qualidade das águas (Foster *et al.*, *op. cit.*).

Especialistas afirmam que "temperaturas mais altas e precipitações menores levariam a uma diminuição da oferta d'água e um aumento da sua demanda, ocorrendo nessas condições que a qualidade das massas de água doce poderia se deteriorar, o que afetaria o já frágil equilíbrio entre oferta e demanda em muitos países" (Peixinho & Leal, 1996).

Rebouças (1992) cita que embora não exista água subterrânea desconectada do ciclo hidrológico, é possível existir estoques de água nos aqüíferos cujo tempo de renovação é tão longo que as reservas assim constituídas são consideradas como não renováveis, na escala de tempo da existência humana ou da vida útil de seus projetos.

a) Na RMR – Parte Norte

Os agentes que potencialmente provocam impactos aos mananciais subterrâneos, na RMR – Parte Norte, são os despejos de esgotos cloacais, as áreas de disposição dos resíduos sólidos urbanos, o abastecimento d'água, além da presença de postos de combustível, cemitérios e os resíduos produzidos por algumas atividades industriais e comerciais. Atualmente, destaca-se a excessiva explotação descontrolada das águas subterrâneas e a desenfreada perfuração de poços (muitos deles mal construídos).

O estudo realizado por Costa (*op. cit.*), baseado no cadastro de mais de 2000 poços, envolvendo observações a partir de 1970 até o ano de 1996, evidenciou a ocorrência de áreas com acentuados rebaixamentos do nível piezométrico (os níveis estáticos mudaram a posição negativamente, ficando mais profundos) em vários pontos da Região Metropolitana do Recife - Parte Norte, provocados por intensa, contínua e descontrolada explotação de água subterrânea do Aqüífero Beberibe, como também do Aqüífero Cabo, em sua área de ocorrência na zona Sul do Recife.

Foram detectadas áreas com processo de abatimento potenciométrico (áreas de máxima extração d'água) com variações máximas de cotas ao longo dos anos de observação. As áreas onde ocorreram mudanças de comportamento do aqüífero são as seguintes:

- ✓ Itapissuma - Itamaracá - variação de 20 m;
- ✓ Igarassu a Paulista - variação máxima entre 55 m e 65 m;
- ✓ Olinda - variação de 70 m;
- ✓ Recife, região ocidental – Cidade Universitária - variação de 20 m;
- ✓ Recife, região Norte (Casa Amarela/Casa Forte) - variação de 50 m;
- ✓ Recife centro (Afogados, Boa Vista e São José) - variação de 50 m;
- ✓ Recife (Madalena) - variação de 25 m;
- ✓ Recife, região Sul (Boa Viagem) - variação foi de 50 m.

Observa-se assim que ocorreu uma evolução na configuração das curvas isopotenciométricas (mesma cota do nível d'água) mostrando que a direção de Oeste para Leste do fluxo original das águas subterrâneas vem sofrendo modificações com o aparecimento de vários centros de convergências com fluxo radial centrípeto em Igarassu, Olinda e em três zonas deprimidas no Recife, ou radial centrífugo, nas imediações de Abreu e Lima /Paulista (Costa, *op. cit.*) - **Figura 12**.

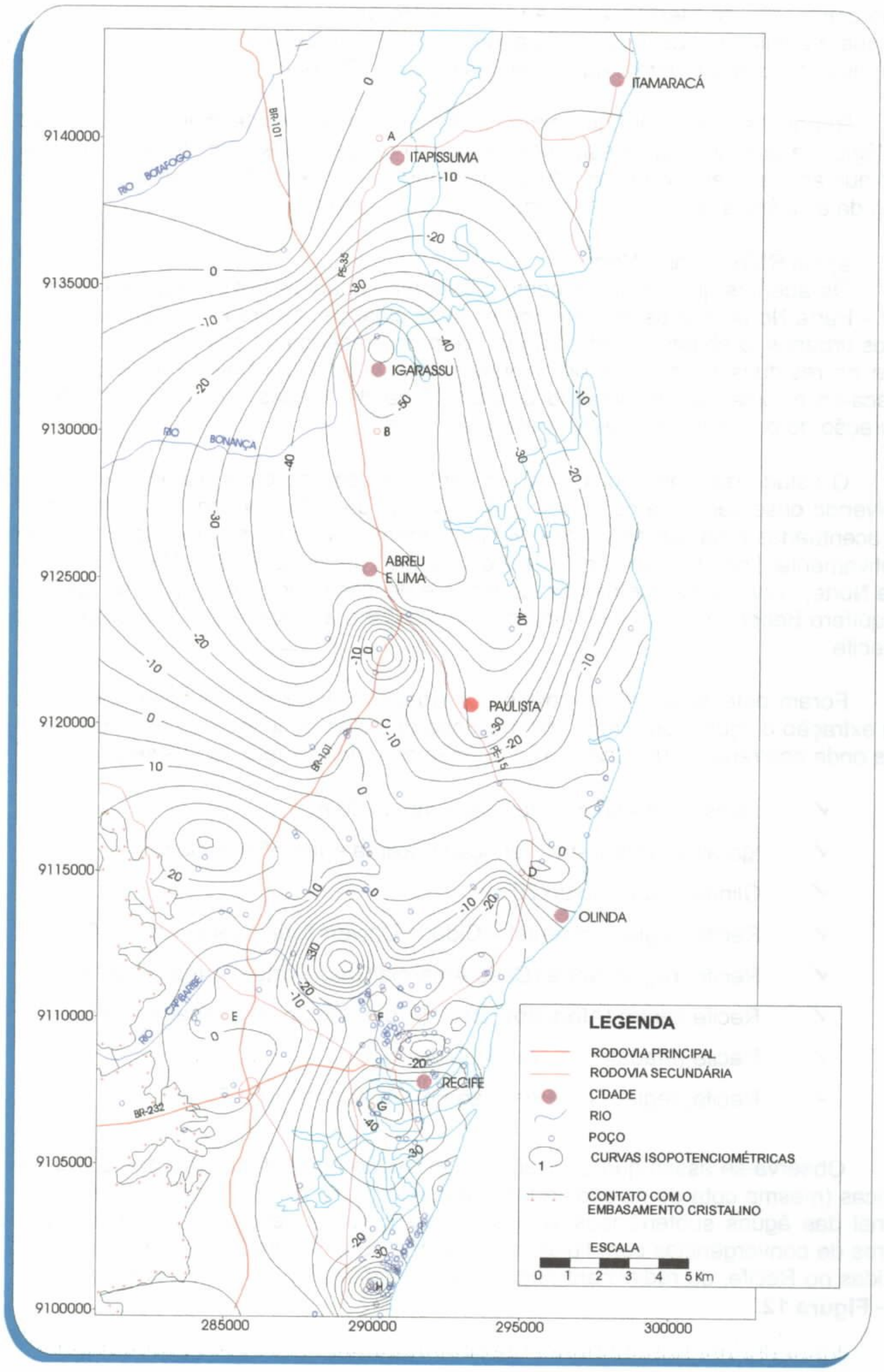


Figura 12 - Mapa potenciométrico dos aqüíferos Beberibe/Cabo na RMR no período 1986/1990 (Costa *et al.*, 1998).

Na região central da Planície do Recife, correspondente às áreas mais deprimidas de fluxo convergente, identificadas pela disposição das curvas potenciométricas, pode haver uma recarga de água salinizada decorrente de desequilíbrios provocados pela interface água doce/água salgada, mesmo não sendo constatada intrusão salina no aqüífero explotado (Costa, *op. cit.*).

A ausência de um plano de gerenciamento do aqüífero favoreceu a existência de grandes concentrações de captação d'água em um mesmo local, resultando respostas negativas no comportamento do aqüífero.

Além das conseqüências mencionadas, fica ainda caracterizado que está havendo diminuição gradativa da vazão dos poços, ou a modificação da qualidade de suas águas (Costa, *op. cit.*).

O próprio processo de captação pode ainda sofrer impactos diversos por agentes contaminantes colocados na superfície sem qualquer cuidado de isolamento e proteção que impeçam a ação sobre os depósitos d'água subterrâneos. Os impactos externos que podem incidir em um aqüífero dependem das suas condições de vulnerabilidade e da carga contaminante.

b) Na RMR – Parte Sul

Na RMR – Parte Sul, pode-se dizer que os impactos sobre as águas subterrâneas assumem características locais devido as próprias condições dos aqüíferos captados e das atividades praticadas.

Contando com altas taxas de ocupação, como nos municípios de Jaboatão dos Guararapes (aumento de 3,59 % nos últimos dez anos) e Cabo de Santo Agostinho, pode-se afirmar que apesar dos esforços da empresa oficial do governo, a COMPESA, para assegurar uma cobertura de abastecimento a toda a população, existem ainda áreas com densa ocupação populacional que não são atendidas. O recurso mais imediato e facilmente disponível é a captação da água subterrânea, que atende satisfatoriamente a essas populações.

O uso da água subterrânea do Aqüífero Cabo é mais freqüente na região das praias de Jaboatão dos Guararapes (Piedade e Candeias) e em Boa Viagem no Recife, que juntas possuem mais de 800 poços em operação. Enquanto nas demais áreas, como em Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, é pouco expressiva a quantidade de poços tubulares, captando água deste aqüífero.

Os efeitos dos impactos produzidos pela captação da água subterrânea neste aqüífero na RMR – Parte Sul, somente foram detectados pelos estudos efetuados por Costa (*op. cit.*) que se estenderam da porção norte até a área de Boa Viagem, no Recife.

Verifica-se nessas áreas que o nível piezométrico (superfície potenciométrica das águas) sofreu uma variação de 50 metros, demonstrando que há rebaixamento do nível piezométrico causado pela explotação desordenada, podendo ocorrer uma recarga de água salinizada, devido ao desequilíbrio da interface água salgada-água doce.

Nas demais porções, ao longo da orla dos municípios enfocados, particularmente do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, como comentado anteriormente, esse aqüífero é pouco explotado, não existindo qualquer ameaça de super-explotação em razão da qualidade das águas que, pela sua interdigitação com os calcários da Formação Estiva, sofrem aumento da salinidade. Mesmo os poços com profundidades médias de 100 metros, ao contrário do que ocorre na área de Boa Viagem, observa-se que o Aqüífero Cabo recebe a interferência dos calcários Estiva, sendo as águas bastante salinizadas (Miranda, 1997, *no prelo*). Não são detectados impactos de explotação desse aqüífero nessas áreas.

4.6 Legislação

A explotação das águas subterrâneas dos reservatórios aqüíferos na Região Metropolitana – Parte Norte, sobretudo na Planície do Recife, vem se fazendo nos últimos 50 anos de forma desordenada, sem qualquer planejamento e estudo de disponibilidades e, o que é pior, de maneira predatória através de várias empresas de perfuração, muitas das quais não estão habilitadas tecnicamente para exercer tal tarefa, executando inúmeros poços mal construídos, potencialmente fontes de poluição dos aqüíferos.

Leis e regulamentos têm sido aprovados com a finalidade de controlar o uso e a preservação dos aqüíferos, graças aos estudos realizados no âmbito do convênio IDRC/UFPE desde 1995 até 1998. Os conhecimentos auferidos na referida pesquisa, fornecem subsídios necessários à gestão dos mananciais hídricos subterrâneos pelo governo estadual, a quem compete a gestão das águas em todo o território de Pernambuco.

Em 1999 foi criada a Secretaria de Recuros Hídricos do Estado de Pernambuco através do Decreto Lei 21281, de 4 de fevereiro de 1999, que dispõe sobre a estrutura e atribuições desta secretaria. Está estabelecido que o gerenciamento dos recursos hídricos (superficiais e de subsuperfície) cabem a essa secretaria de governo de estado.

Como medida de proteção aos mananciais d'água subterrânea, a nível estadual, foram sancionadas em 17/01/97 as Leis n°s 11.426 e 11.427 que dispõem respectivamente da "Política e do Sistema Estadual de Recursos Hídricos" e da "Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas", regulamentadas em dezembro de 1997 e março de 1998, respectivamente.

A Lei 11.427 refere-se às obras de captação de águas subterrâneas e enfatiza que "**todo poço a ser perfurado terá que ser requerido, mediante um projeto específico, que será aprovado pelo órgão gestor e terá a sua execução fiscalizada. Somente após a realização dos testes de qualidade da água e de produção do poço poderá ser o mesmo liberado mediante outorga ou licença de explotação, para vir a ser utilizado**".

Esta lei materializa os seguintes aspectos positivos no disciplinamento das atividades exploratórias da água subterrânea: implanta a correta execução da perfuração de um poço, normatiza os procedimentos que evitam a super-explotação localizada, evita o perigo da salinização das águas, a contaminação dos aqüíferos e os riscos de exaustão das reservas d'água dos aqüíferos, causadas pelo uso indiscriminado.

A lei encontra-se em aplicação pela Companhia Pernambucana do Meio Ambiente - CPRH - para as áreas mais críticas (áreas com acentuados abatimentos piezométricos) do município do Recife, condições que impedem a perfuração de novos poços por um prazo mínimo de dois anos com a finalidade de minorar as condições hídricas dos aqüíferos Beberibe e Cabo, ou seja, a recuperação dos níveis estáticos. A **Figura 13** apresenta os resultados obtidos pela pesquisa supracitada, base pela qual a CPRH aplica tais condições limites para perfuração na cidade do Recife.

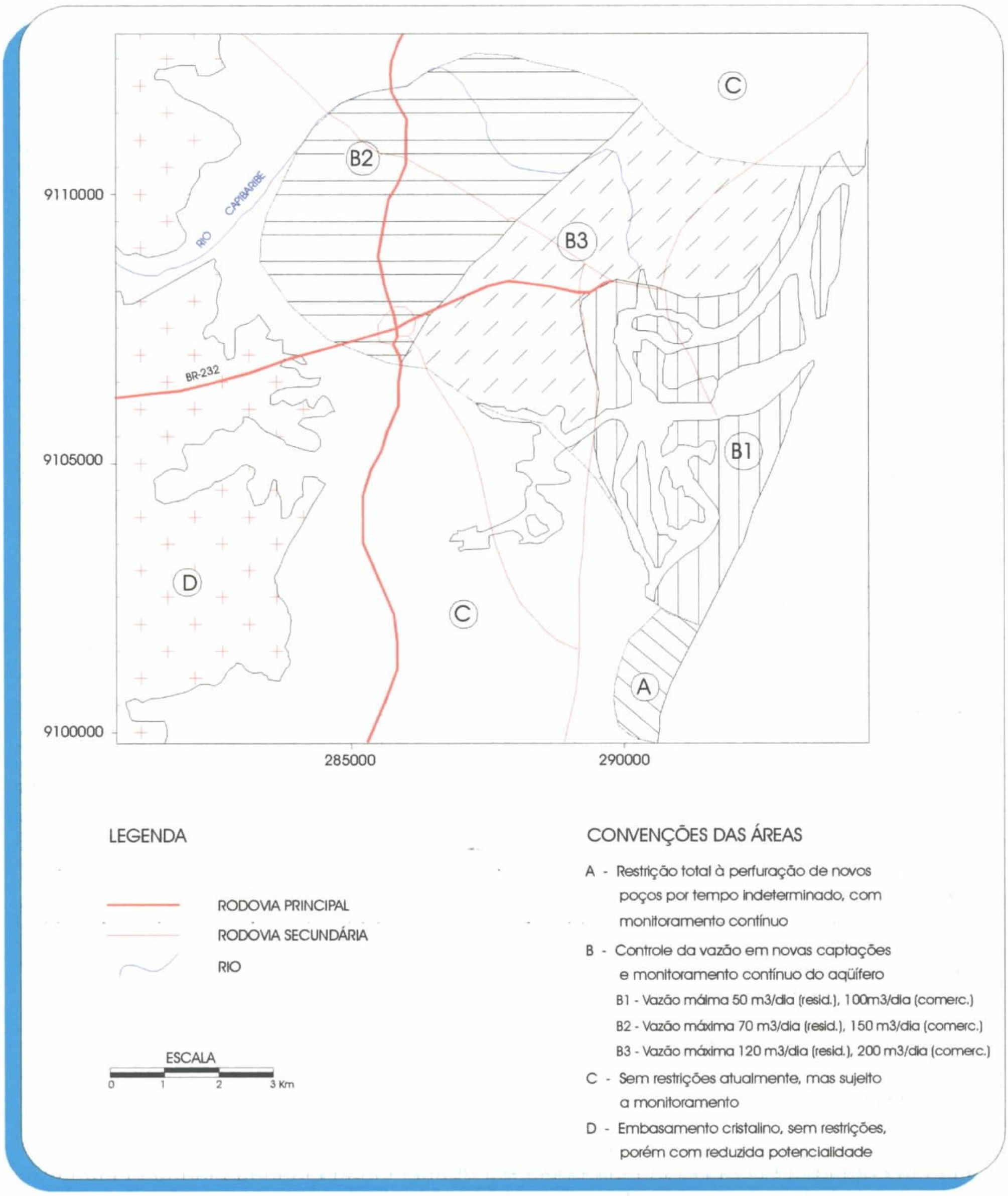


Figura 13 - Mapa de zoneamento explotável dos aqüíferos da cidade do Recife. (Fonte: Costa *et al.*, 1998).

5.1 Caracterização

A cobertura vegetal da RMR é representada de forma proeminente por canaviais. As culturas de subsistência (milho, feijão, etc.) estão presentes em áreas menores, freqüentemente isoladas em meio aos canaviais ou concentradas em algumas faixas maiores próximas às pequenas concentrações urbanas. Além da cana-de-açúcar e das culturas de subsistência, podem ser encontrados ainda coqueirais, cultivados principalmente nas áreas mais próximas ao litoral.

A cobertura vegetal original está restrita a umas poucas áreas, além do pouco que restou da Mata Atlântica, podendo ser encontrados restos da vegetação nativa representados pelos tipos designados como: capoeira, capoeirinha, vegetação higrófila e vegetação de mangue (FIDEM, 1979).

As áreas de ocorrência de Mata Atlântica perfaziam pouco mais de 20.759 ha (13,12% da cobertura vegetal) da RMR em 1974, sendo que na época do descobrimento do Brasil, esse tipo de vegetação se distribuía ao longo de todo o litoral pernambucano e era rica em espécies como o pau-brasil *(Caesalpinia echinata*). Hoje, essa árvore é encontrada quase que unicamente na reserva biológica de Tapacurá, no município de São Lourenço da Mata. Além do pau-brasil, outros tipos vegetais caracteristicos da Mata Atlântica são: o visgueiro (*Parkia Pendula*), mamanjuba (*Slonga Obtusifolia*), manguba (*Pseudobombax sp.*) e a urucuba (*Virola Gardneri).*

Atualmente estas áreas de matas restringem-se apenas a 8000 ha (27% da cobertura existente em 1974), distribuídas nos municípios conforme mostrado no mapa da evolução da cobertura vegetal em anexo.

A denominação de capoeira é utilizada para definir um tipo de vegetação de porte menor que a da Mata Atlântica (com altura variando entre 2m e 5m). São tipos característicos dessa unidade a mangabeira (*Hancornia Spenciosa*), lixeira (*Curatella Americana*) e a *Echinolaena inflexa.*

A capoeirinha é uma vegetação de pequeno porte (basicamente gramíneas e arbustos finos), com alguns tipos arbóreos que não ultrapassam os 2 metros de altura.

A vegetação de mangue é composta por tipos de médio e pequeno porte, representada pelo mangue vermelho (*Rhisophona Mangle L.*), pelo mangue canoé (*Avicennia Nitida Jacq.*), mangue de botão (*Canocarpus erectus L.*) e o mangue manso (*Lagmicularia Racenosa Gaerin F.*), adaptada as condições de solos salinos e diariamente atingidos pelas oscilações das marés.

A vegetação higrófila pode ser encontrada basicamente nas várzeas dos rios e reservatórios de açudes e barragens, sendo a espécie vegetal mais comum os aguapés (também conhecidos como baronesas).

5.2 Atividades Impactantes

5.2.1 Desmatamento

A destruição das matas se deu de forma assustadora na RMR. Atualmente, resta muito pouco da vegetação original (incluindo manguezais) que recobria a RMR no começo do século XX. A dinâmica desta evolução entre as décadas de 70 e 90 é mostrada no mapa de evolução da cobertura vegetal, anexo, onde se verifica a redução na área coberta por matas durante este período. O desmatamento é uma atividade impactante, especialmente no desencadeamento dos processos de erosão, originando voçorocamentos, ravinamentos e funciona como importante fator na geração de deslizamentos de encostas, nas áreas de alta declividade.

Os materiais erodidos de áreas desmatadas contribuem para o assoreamento dos córregos e rios, gerando problemas de inundação nas áreas baixas. Quando o desmatamento e a ocupação ocorrem em áreas de proteção de mananciais, o problema é mais grave, já que, além de assorear os cursos e reservatórios d'água, reduzindo o volume de líquido disponível, expondo à contaminação as áreas de recarga dos mananciais subterrâneos e de superfície, induz também a alterações no regime de chuvas. Esse tipo de ocupação de áreas de proteção de mananciais tem se dado principalmente nas bacias dos rios Capibaribe e Beberibe e no entorno das barragens de Tapacurá e Botafogo.

Na RMR existem 40 áreas de proteção ambiental, totalizando 7.763,95 ha (DNPM, 1995) que protegem exemplares de todos os tipos de vegetação natural existentes na região, onde os últimos resquícios de Mata Atlântica também estão inclusos.

A destruição dos manguezais para extração de madeira e sua posterior ocupação por moradias, também é um sério problema na RMR. A expansão da cidade do Recife, por exemplo, se deu basicamente sobre áreas inundadas e manguezais, cujos aterros remontam ao século XVI. Atualmente, além dos aterros promovidos por grandes empresas imobiliárias, também há a instalação de inúmeras favelas nestas áreas. Tudo isso à revelia da lei 9.931/86, que protege os manguezais.

A eliminação dos manguezais produz sérios impactos ao meio ambiente, tais como a diminuição dos recursos pesqueiros da região, já que esta é uma área de reprodução para várias espécies. Além disso, induz ao assoreamento mais rápido dos estuários dos rios onde haviam manguezais, prejudicando a navegação e sujeitando esta área a inundações que geram grande impacto sobre as populações que aí instalam suas moradias.

O mapa de evolução da cobertura vegetal, citado anteriormente procura sintetizar a evolução das áreas ocupadas por matas e manguezais nos anos de 74 e 95, a partir da compilação de mapas pré-existentes. Todavia, os dados existentes para o ano de 95, não separaram em unidades distintas, manguezais e áreas cobertas por vegetação higrófila, na RMR – Parte Norte.

No caso da R.M.R. - Sul, inexistem dados suficientemente consistentes para que se possa cartografar com precisão, as áreas cobertas por manguezais ao Sul do município de Ipojuca em anos anteriores a 1984 .As informações referentes à cobertura de Mata Atlântica também são deficientes para a maior parte deste município em datas anteriores a 1995.

A maior diminuição na área de manguezais se dá principalmente nos municípios de Recife e Olinda, onde a expansão imobiliária foi muito grande até o início e no final da década de 90. Grandes áreas de manguezais também foram destruídas no município de Jaboatão dos Guararapes, para ocupação urbana. Um exemplo significativo deste fato é a redução das áreas de manguezais que existiam no entorno da Lagoa Olho D'Água. Nesta área, resta apenas uma fração da vegetação que existia há 50 anos atrás.

Em Ipojuca, o manguezal existente na altura da localidade de Nossa Senhora do Ó foi substituído pela plantação de coqueiros e cana-de-açúcar (fato tratado com mais detalhe no capítulo sobre agricultura) e também para lavra de areia, produzindo material de baixa qualidade.

5.3 Legislação

Existe um grande número de leis que protegem o meio ambiente no Brasil. Desde 1934 o problema é enfocado pelo Código Florestal Brasileiro (Decreto 23.793 de 23/01/34). Seguiu-se o Código Florestal promulgado em 1965 (Lei 4.771, de 15/09/65) e que continua em vigor,

alterado pela Lei 7.803, de 15/09/89, e o Código das Águas, sem citar o vasto número de leis e decretos promulgados desde a década de 80 até a recente Lei de Crimes Ambientais (Lei 9605 de 12/2/98).

Além dessas leis de âmbito federal, há também aquelas no âmbito estadual e municipal (não tratadas neste texto). Dessa forma, devem ser citadas as leis n° 9.860 de 12/08/86, que delimita as áreas de proteção dos mananciais que abastecem a RMR e também estabelece os critérios de preservação dos recursos hídricos e também a lei 9.931 que define como áreas de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas do Estado de Pernambuco.

Concomitante, está a Lei 9.960 de 17/12/86, que define como áreas de interesse especial a orla marítima do Estado. Por fim, há a Lei 9.989 de 13/01/87, que define as 40 reservas ecológicas existentes na RMR.

6 - Características Fisiográficas e Uso do Solo na RMR

6.1 Relevo

A RMR – Parte Norte está caracterizada por oito grandes unidades de relevo, são elas: A Planície Flúvio Lagunar, Praias Recentes, Planícies de Maré, Terraços Marinhos, Colinas Tercio-Quaternárias, Planícies Aluvionares, Morros Cretáceos e Morros Cristalinos.

A Planície Flúvio-Lagunar está representada pelos sedimentos quaternários (siltes, argilas, e areias). Esta planície foi formada com a contribuição de sedimentos trazidos pelo mar e pelos maiores rios da região como o Capibaribe e Beberibe. É uma área com baixa declividade e cotas topográficas de até 8 metros.

As Praias Recentes distribuem-se ao longo do litoral, desde o município do Recife até a ilha de Itamaracá, em uma faixa estreita, composta de sedimentos predominantemente quartzosos com granulometria média a fina.

As Planícies de Maré são áreas baixas sob o efeito de maré e ocupadas por uma vegetação adaptada à variação de volume e salinidade da água nesses locais. O substrato dessas áreas é formado por sedimentos finos de idade recente e ricos em matéria orgânica, distribuídos ao longo da desembocadura e trecho inferior dos principais rios da região.

Os Terraços Marinhos são encontrados desde o município do Recife até o município de Paulista. Possuem baixas declividades e altitudes máximas em torno dos 10 metros.

As Colinas Tércio-Quaternárias (Tabuleiros) são áreas elevadas, com altitudes em torno de 30m a 40m, planas, formadas por sedimentos arenosos e argilosos da Formação Barreiras, nos quais estão encaixadas várias planícies fluviais compostas por areias, siltes e argilas, com baixas declividades, onde as cotas são inferiores a uma dezena de metros. Tais planícies fluviais ocorrem também encaixadas em outras unidades de relevo.

Os Morros Cretáceos são formados por litologias calcárias das formações Gramame e Maria Farinha, possuindo baixas altitudes e declividades. Encontram-se distribuídos no trecho entre a cidade de Paulista e a Ilha de Itamaracá.

Os Morros Cristalinos formam áreas com topografia mais acidentada, com morros de topos plano ou côncavo, originados de rochas ígneas e metamórficas, onde a espessura de solo é superior a 10m. As cotas chegam a mais de 300m e a declividade é mais acentuada que nas demais unidades anteriormente descritas. A área de ocorrência ocupa toda a parte Oeste da RMR.

Uma importante feição do relevo da RMR é a Ilha de Itamaracá, situada no extremo Norte da região e separada do continente pelo Canal de Santa Cruz. Nesta ilha estão presentes todas as unidades de relevo supracitadas, excetuando os Morros Cristalinos e a Planície Flúvio-Lagunar.

O relevo da RMR – Parte Sul está caracterizado por dois grandes compartimentos que, por sua vez, se subdividem em oito unidades menores, caracterizadas a partir da gênese, forma e cotas topográficas. Os dois compartimentos estão representados pela Bacia Sedimentar do Cabo e pelos Morros Cristalinos.

A Bacia Sedimentar do Cabo é de idade Cretácea com litologias de constituição arenosa, carbonática ou argilosa, cortada por litotipos de origem vulcânica, com coberturas recentes. Em sua área de ocorrência, os processos de erosão e deposição estão relacionados, basicamente, aos ambientes flúvio-lagunares com influência marinha. Este compartimento está subdividido em Colinas Cretáceas, Colinas Tércio-Quaternárias, Terraços Pleistocênicos, Terraços Holocênicos, Planicies Flúvio-Lagunares, Planícies de Maré e Praias Recentes.

As Colinas Cretáceas estão caracterizadas por morros alongados de altitudes médias inferiores a 100 metros, constituídas por litologias arenosas da Formação Cabo, rochas vulcânicas da Formação Ipojuca e por rochas calcárias da Formação Estiva.

As Colinas Tércio-Quaternárias são formadas pelos sedimentos da Formação Barreiras, que recobrem rochas mais antigas e formam morros altos de topo chato (tabuleiros), cuja altitude gira em torno dos 50 metros.

Os Terraços Pleistocênicos estão formados por sedimentos arenosos remanescentes da Penúltima Transgressão Marinha (aproximadamente 120.000 anos), situados entre a Planicie Flúvio-Lagunar e os Terraços Holocênicos com altitudes que variam de 2 metros a 10 metros (Martins, 1991). Os Terraços Holocênicos também são formados por sedimentos arenosos de origem marinha, possuem altitudes que variam de 1 metro a 5 metros, sendo encontrados em uma faixa que acompanha todo o litoral.

As Planícies Flúvio-Lagunares representam as áreas mais baixas do relevo (com cotas até 2 metros) e são compostas por sedimentos finos areno-argilosos.

As Planícies de Maré são áreas baixas, periodicamente inundáveis, situadas principalmente ao longo dos trechos inferiores dos rios, que sofrem a influência direta do mar e possuem uma vegetação característica que se assenta em um substrato de sedimentos finos, ricos em matéria orgânica.

As Praias Recentes são formadas, predominantemente, por sedimentos areno-quartzosos distribuidos numa estreita faixa de Norte a Sul do litoral.

O compartimento Morros Cristalinos está subdividido nas unidades Morros e Colinas, e Planícies Aluviais. A unidade Morros e Colinas é constituída por rochas cristalinas (granitos, granodioritos, gnaisses e migmatitos) e as coberturas derivadas dos processos de intemperismo destas. A morfologia do relevo é caracterizada por morros e colinas com formas arredondadas, vales de fundo chato e altitudes que variam entre 100 metros e 300 metros. O manto de intemperismo nesta unidade pode atingir espessuras superiores a 10 metros, sendo comum a presença de pequenos depósitos de talus e delgadas coberturas coluvionares.

A unidade Planicies Aluviais está representada por sedimentos de origem fluvial depositados nas várzeas dos rios durante o período das cheias, apresentando uma topografia plana, encaixada na unidade Morros e Colinas.

6.2 Processos Impactantes

6.2.1 Desmoronamentos/Deslizamentos

A ocupação desordenada das encostas sem critérios técnicos, é o motivo principal de um grande número de desabamentos e desmoronamentos, que têm ceifado inúmeras vidas, principalmente na época das chuvas. Em cidades como Recife, onde na década de 80 se adensou a ocupação dos morros pela população mais carente, os deslizamentos deixaram milhares de desabrigados e provocaram vítimas fatais. Estes acidentes ocorreram, principalmente, na área norte da cidade onde a ocupação dos morros (com locais de risco), se deu de modo desordenado, com muitas invasões e onde se concentram mais de 400.000 pessoas, numa área equivalente a aproximadamente 30% da cidade (Gusmão Filho, 1993).

Um dos atributos naturais para a suscetibilidade de instabilização das encostas é a geologia da área. Dessa forma, em Recife, Olinda e Camaragibe, os principais locais onde se registram esses desmoronamentos e deslizamentos, são formados por sedimentos da Formação Barreiras, constituídos por materiais de granulometria variada (areias, siltes, argilas e hori-

zontes de seixos), depositados em estratos sub-horizontais, com suave mergulho em direção ao mar e que se apresentam na forma de morros elevados com topo plano (tabuleiros).

A ação da chuva sobre esses tabuleiros, onde a vegetação, que é um elemento estabilizador fundamental dessas áreas, foi substituída por moradias, desencadeia processos erosivos que avançam de forma acelerada, originando deslizamentos e voçorocamentos (Gusmão Filho, *op. cit.*).

Na RMR – Parte Sul, o município de Jaboatão dos Guararapes apresenta vários pontos com registros de desmoronamentos de encostas e deslizamentos. O fator determinante, nestes casos, é principalmente a ocupação desordenada de encostas, geralmente de altas declividades e sem critérios técnicos.

O início dos problemas se dá com o desmatamento que, aliado a fatores naturais (declividade e tipo de solo) e antrópicos (drenagem desordenada das águas servidas), tende a resultar, por fim, nos desmoronamentos e deslizamentos.

Os problemas se intensificam neste município durante os períodos de chuvas intensas, devido a saturação dos solos de constituição mais argilosa (pertencentes às unidades geológicas do Complexo Gnáissico-Migmatítico ou às formações Cabo e Barreiras), atingindo principalmente os morros situados nos bairros da cidade de Jaboatão dos Guararapes e naqueles situados mais a leste, nos limites com o município do Recife.

A análise mais detalhada sobre as causas e efeitos dos deslizamentos pode ser vista no quadro da **Figura 14**, onde deduz-se que, não só os fatores naturais têm importância sobre os deslizamentos, mas também a forma de ocupação dessas áreas pelo homem.

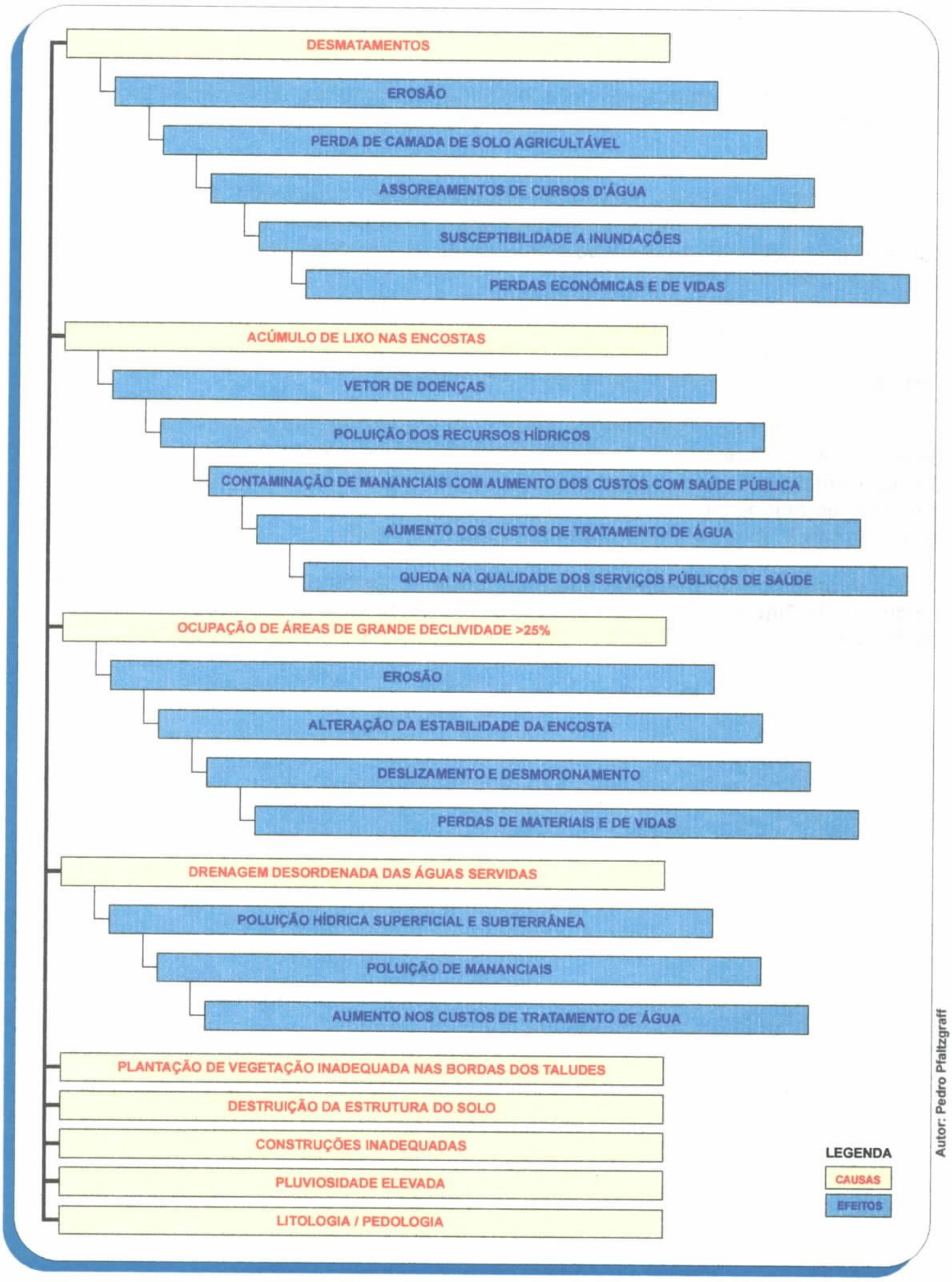


Figura 14 - Causas e efeitos dos desmoronamentos e deslizamentos

6.2.2 Erosão

Os processos erosivos têm como fator muito importante para o seu desencadeamento, o desmatamento. Na RMR, o desmatamento para cultura da cana-de-açúcar é a maior causa da instalação dos processos erosivos que não se desenvolvem de forma mais intensa graças às características dos solos da área. Junte-se aos problemas, o uso agrícola e a ocupação das encostas de alta declividade com a construção de moradias sem critérios técnicos.

A evolução desses processos, de uma maneira geral, inicia-se com o desmatamento, prossegue com o carreamento das partículas do solo (numa velocidade que depende não só das características físicas do solo mas, também, de fatores como declividade e pluviosidade) e termina com o aparecimento de ravinas e voçorocas na superfície do solo que induzem aos deslizamentos e desmoronamentos, discutidos anteriormente.

Ainda como resultado dos processos erosivos, deve ser lembrado o assoreamento dos cursos e reservatórios de água pelos materiais transportados das áreas sob efeito da erosão. Esse assoreamento é responsável pela diminuição da profundidade dos rios, levando a intensificação dos efeitos das cheias e redução na capacidade de armazenamento de água dos reservatórios.

Os processos erosivos também podem se instalar nos ambientes costeiros. Ao longo de todo litoral da RMR podem ser citados vários pontos que vêm sofrendo graves problemas de erosão. Algumas das prováveis causas dessa erosão seriam: as obras de modernização e dragagem do porto da cidade do Recife e de Suape, *déficit* no suprimento de areia transportada pelos rios devido a construção de barragens, mineração de areia nos diversos cursos d'água e construção de obras de engenharia de costa, alterando o curso das correntes marinhas e os ciclos de erosão e deposição.

Além disso, outras causas naturais como a possível elevação do nível dos mares e a presença de rochas acompanhando o litoral, impedindo a circulação de sedimentos ao longo da costa (Gusmão Filho, *op.cit.*), poderiam ser as causas desses processos erosivos.

Os efeitos de erosão têm sido sentidos, principalmente, nos municípios de Olinda e Paulista, onde várias casas situadas à beira mar já foram destruídas ou apresentam-se ameaçadas de destruição pelas ondas.

Também no município do Recife a erosão costeira é atuante. Na praia de Boa Viagem (zona Sul da cidade), o mar tem feito estragos, com a destruição de trechos do calçamento com mais de 1 quilômetro de extensão, ao longo da linha de costa, tal como ocorreu durante a ressaca de 1995 (**Foto 6**).

Essa destruição obrigou a construção de uma barreira de pedras, para proteção da orla marítima neste trecho da praia afetado pela erosão.

Ainda no Recife, o Bairro de Brasília Teimosa sofre freqüentemente a ação do mar durante as ressacas do mês de agosto, destruindo e danificando várias casas, tal como aconteceu no dia 9 de agosto de 1998 (Problemas no córrego..., 1998).

Também ao Sul do Recife a erosão marinha é atuante. Em Jaboatão dos Guararapes, a destruição está muito ativa nas áreas próximas à foz do rio Jaboatão (principalmente em sua margem esquerda), intensificada principalmente a partir do final da década de 80 e meados da década de 90.

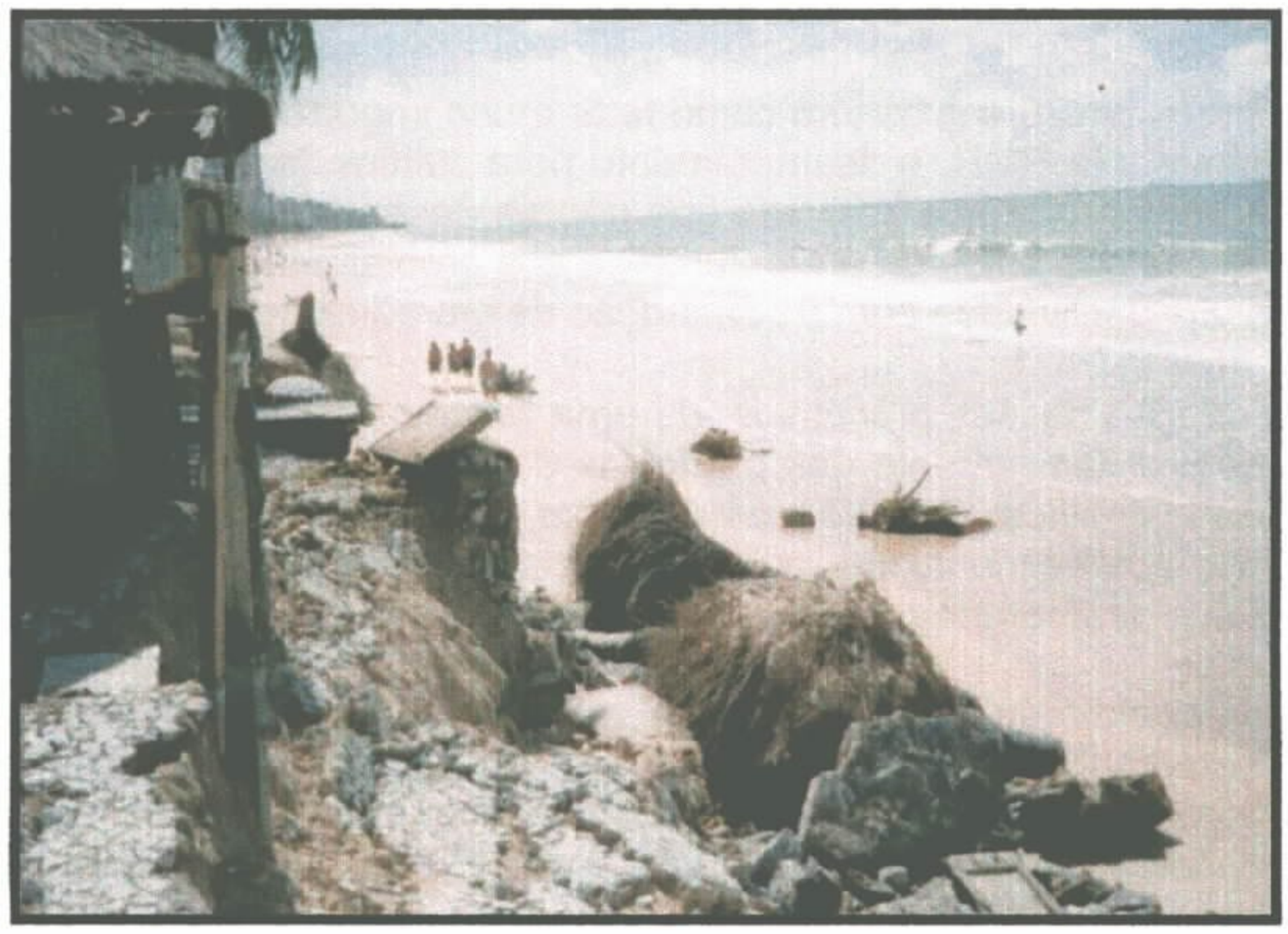


Foto 6 - Destruição provocada pela ressaca do mar em Boa Viagem - 1995.

Possivelmente, tal intensificação está intimamente relacionada a inadequadas obras de engenharia, que teriam o intuito de conter o processo erosivo natural do mar na área. No município de Ipojuca a erosão se intensificou a partir da década de 80, na praia de Barra de Sirinhaém, possivelmente devido a construção de espigões de pedra (enrocamentos) na foz do rio homônimo (**Foto 7**).

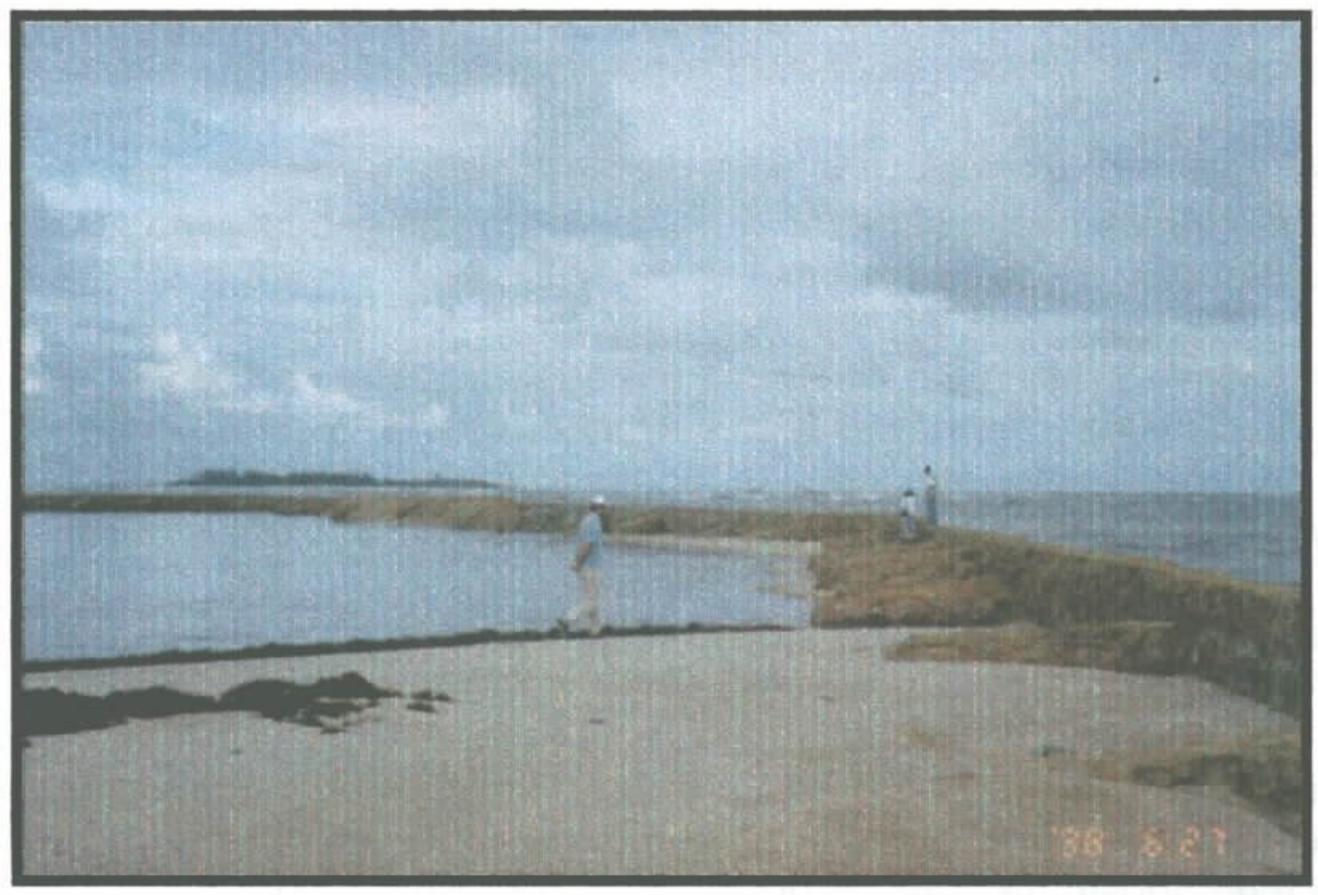


Foto 7 - Construção de espigões de pedra na desembocadura do Rio Sirinhaém.

A implantação do Complexo Industrial e Portuário de Suape, com a construção do *pier* (molhe), introduziu mudanças importantes no fluxo das correntes marinhas e no ciclo erosão-deposição, nesse setor da costa pernambucana. Dessa forma, os reflexos podem ser notados na formação da praia de Suape e na intensificação dos processos erosivos em Barra de Jangada (**Foto 8**).

Foto 8 - Restos de construções destruídas pela ressaca no bairro de Barra de Jangada.

Em qualquer dos casos, é importante dizer que as causas dos processos erosivos instalados na costa pernambucana ainda não são conhecidas com precisão. É inquestionável que as obras de engenharia aceleram o processo erosivo, mas não se pode descartar outras hipóteses, como o aumento do nível do mar devido ao efeito estufa, subsidência do continente (epirogênese negativa) entre outras causas de menor intensidade.

6.3 Atividades Impactantes

6.3.1 Disposição de Resíduos Sólidos

Na política de gerenciamento dos resíduos sólidos faz-se importante, *a priori*, a classificação do lixo. Não apenas quanto a sua natureza (seco ou molhado) ou composição (matéria orgânica ou inorgânica), mas também como pré-requisito para a proteção do meio ambiente. É fundamental a identificação da periculosidade que deve ser feita de acordo com as normas da ABNT, a qual determina três categorias:

- **perigosos** (Classe I) incluídos materiais que apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, ou seja, lixo com características de inflamabilidade, corrosividade, toxidade e patogenicidade;
- **não–inertes** (Classe II), inclusos aqueles com propriedades de biodegradabilidade, inflamabilidade, mas que não se enquadram nas classes I ou III; e
- **inertes** (Classe III) que não têm constituintes solubilizados, em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas de acordo com o teste de solubilização (Norma NBR 10.006) ou seja, entre outros, rochas, tijolos, vidros. Desta classificação, é que decorrem as exigências para a coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição.

O problema de gerenciamento do lixo no meio urbano (transporte, armazenamento e disposição), envolve aspectos relacionados tanto com a sua origem e produção, bem como aos reflexos do comprometimento com o meio ambiente, principalmente a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos (Lima, s. d.). A interdependência entre estes atributos é a principal problemática dos resíduos sólidos.

A disposição final do lixo nos municípios brasileiros, dados de 1996, demonstra que 76% dos resíduos são dispostos na forma de lixões, 13% em aterros controlados, 10% em aterros sanitários e apenas 1% destinam-se a sistemas alternativos de compostagem, reciclagem e incineração. Este resultado ressalta a importância do conhecimento do meio físico no gerenciamento do lixo e mostra, ainda, o despreparo municipal face a produção de resíduos sólidos.

A geração de resíduos sólidos vem apresentando números crescentes nas várias regiões do país e traz consigo um grande desafio às autoridades municipais, desde a promoção da coleta do lixo gerado, até a determinação de áreas adequadas à disposição.

Os resíduos domiciliares e urbanos são dispostos de três maneiras, já mencionadas: na forma de lixões, aterro controlado e aterro sanitário. No primeiro caso, trata-se da simples descarga de lixo sobre o solo a céu aberto. Como conseqüências, têm-se a proliferação de vetores de doenças, geração de odores, a poluição do solo, das águas subterrâneas e superficiais pelo chorume, líquido de elevado potencial poluente, ácido, e de alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que provém da decomposição da matéria orgânica.

O aterro controlado consiste no confinamento dos resíduos sólidos através da cobertura de uma camada inerte, geralmente argila. Embora minimize alguns impactos gerados pelos lixões, não apresenta sistemas adequados de impermeabilização de base, o que compromete a qualidade das águas subterrâneas e superficiais já que não há nenhum tratamento do chorume ou dispersão dos gases gerados pelo lixo.

O aterro sanitário apresenta-se como o método mais adequado de deposição de resíduos sólidos, no solo. À sua execução precede a escolha, com base em conhecimentos geológicos e sociais, do local mais adequado. É fundamentado em critérios de engenharia, onde o lixo se dispõe em células com dimensões predefinidas de acordo com características locais do terreno. Estas células são de forma trapezoidal, e nelas encontram-se intercaladas camadas de aproximadamente 40 cm de lixo com 60 cm de argila. Permite a configuração segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública. O lixo é separado e há o controle dos gases e monitoramento do chorume. Em alguns casos é empregada a técnica de bio-remediação a qual dinamiza a perda do poder agressivo do chorume, através da sua recirculação na célula.

Os cuidados com o meio ambiente em relação aos impactos adversos da disposição de resíduos, envolve, sob o ponto de vista do solo, conforme relato anterior, a análise da migração dos contaminantes bem como a garantia de estabilidade dos locais usados para a disposição. Desse modo, é fundamental a escolha adequada do espaço físico para deposição dos resíduos sólidos.

Leal *et al.* (1994), baseados na metodologia de Foster *et al.* (1988), resumida no quadro a seguir, mapearam 4 (quatro) áreas de aproximadamente 200 km^2 (**Figura 15**), orientando 5 (cinco) áreas circulares (com diâmetro de 3 km) na RMR, com favorabilidade ou não à implantação de aterros sanitários. Destas cinco, três situam-se na RMR - Parte Norte, enquanto duas estão na RMR - Parte Sul. Em cada área estudada, definiram três categorias de favorabilidade à implantação de aterros sanitários: *áreas desfavoráveis, áreas favoráveis, e áreas favoráveis sob restrições.*

As áreas desfavoráveis são as que apresentam alto grau de vulnerabilidade, devido a ocorrência de água subterrânea em pequena profundidade sob material de alta permeabilidade, quais sejam: aluviões, terraços pleistocênicos e holocênicos, sedimentos de praia e eólicos e áreas aflorantes do Aqüífero Beberibe.

As áreas favoráveis são aquelas onde não ocorre água subterrânea utilizável.

As áreas favoráveis sob restrições são as que armazenam água subterrânea, localizada em material de baixa permeabilidade, necessitando de estudos complementares geológicos como a caracterização do embasamento cristalino, espessura do manto de intemperismo e definição das formações sedimentares, no caso da RMR, as formações Gramame, Maria Farinha, Cabo e Barreiras.

Quadro apresentando níveis de avaliação da poluição de águas subterrâneas (Em ordem de aumento de investimentos)

ESTÁGIO	NÍVEL DE AVALIAÇÃO/PESQUISA				ESCALA DE TRABALHO	CRITÉRIOS
Avaliação de Risco	I – Avaliação Preliminar (Existência de Riscos)	Somente dados existentes	Sem amostragens	Sem perfurações especiais	Normalmente Estado 1:200.000 1:500.000 (10 km)	distribuição e concentração de cargas contaminantes presença de aqüífero freático ou poços confinados carga hidráulica natural e artificial
	II – Avaliação de Risco				Normalmente Urbano/ Municipal 1:50.000 1:100.000 (1-3 km)	mais profunda caracterização de vulnerabilidade do aqüífero e carga contaminante e sua interação
Investigação Pesquisa de Qualidade	III – Reconhecimento de Campo	Necessidade de trabalho	Necessidades de amostragens e análises	Necessidades de sondagens e Poços de investigação	Local 1:10.000 1:100.000 (200-250 m)	medição e amostragem da carga contaminante amostragem e medição dos poços existentes métodos geofísicos (se apropriados) desenvolvimento de modelo conceitual
	IV – Estudo com Rede de Monitoramento				Local 1:10.000 1:100.000 (200-250 m)	mais instalação de poços para monitoramento
	V – Estudo Completo				Local 1:10.000 1:100.000 (200-250 m)	mais ensaios hidráulicos em campo e laboratório análise de solos e aqüíferos em laboratório modelação matemática e estocásticas, etc.

Fonte: Foster *et al.* (1988, *in* Leal *et al.*, 1994)

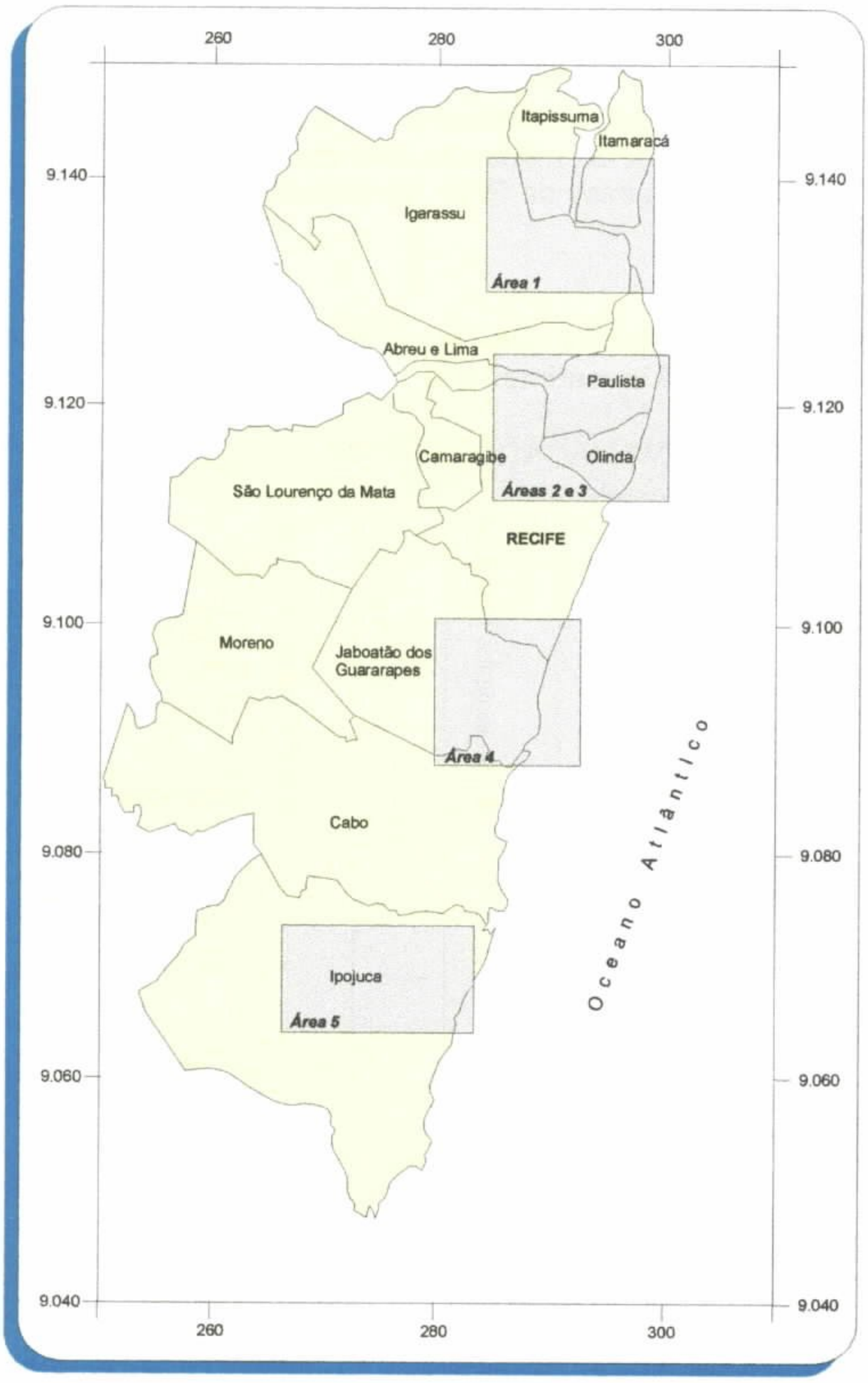


Figura 15 - Mapa da RMR com localização das áreas estudadas por Leal *et al.* (op. cit.).

Nas três áreas orientadas na parte Norte da Região Metropolitana do Recife, Leal *et al.* (op.cit.), definiram que:

- ✓ na área 1, a 2,5 km a Norte da cidade de Igarassu, 70% são desfavoráveis à implantação de aterros, com apenas 5% favoráveis e 25% favoráveis sob restrições;
- ✓ na área 2, a 4 km a Sul da cidade de Paulista, às margens da estrada PE-6, apenas 13% são desfavoráveis à implantação de aterros, enquanto, 87% são favoráveis sob restrições;

- ✓ na área 3, a 3,5 km a Sudoeste da cidade de Paulista, toda a área é favorável à implantação de aterros, sob restrições.

Já nas duas áreas delimitadas na parte Sul da Região Metropolitana do Recife, definiram que:

- ✓ na área 4, a 8 km a Oeste do distrito de Prazeres, na localidade de Muribeca, 25% são desfavoráveis à implantação de aterros, com apenas 5% favoráveis e 70% favoráveis sob restrições; e
- ✓ na área 5, a 4 km a Sudoeste da cidade de Ipojuca, interceptada pela estrada PE-60, apenas 5% são favoráveis à implantação de aterros, enquanto 95% são favoráveis sob restrições.

A individualização das áreas foi calcada, principalmente, na caracterização do subsolo. Na RMR - Parte Sul, deve-se atentar para a boa permeabilidade do aqüífero livre de Boa Viagem e dos terraços do Holoceno, o que torna a região altamente suscetível à contaminação de águas subterrâneas.

Enquanto na RMR - Parte Norte há uma predominância de sedimentos da Formação Barreiras que possui baixa permeabilidade e, portanto, vulnerabilidade baixa para a contaminação das águas subterrâneas. Entretanto, o principal aqüífero confinado da RMR, o Beberibe, localiza-se na parte Norte e a deposição de resíduos sólidos tende a comprometer as suas áreas de recarga, onde aflora o aqüífero. Na RMR são poucos os municípios que possuem unidades de tratamento de resíduos sólidos. Basicamente a maior parte do lixo se dispõe em lixões a céu aberto ou em terrenos baldios, quando não jogados diretamente na rede de drenagem.

O Município de Jaboatão dos Guararapes, na RMR – Parte Sul, é o único, desta região, que apresenta uma unidade de tratamento. O Aterro Sanitário Muribeca, que ocupa uma área de 60 hectares com perímetro de 3.848 metros, tanto recebe o lixo do Município do Recife como os dos municípios de Jaboatão e Moreno, totalizando aproximadamente 2.500 t/d. O monitoramento executado pela Empresa Municipal de Limpeza Urbana – EMLURB e a Universidade Federal de Pernambuco, através da Associação Tecnológica de Pernambuco – ATEPE, comprovou, a partir de furos realizados, a contaminação do lençol freático. Os resultados de DQO foram de 1.702,1 mg/l e 2.021,2 mg/l. Obteve-se também valores elevados de teores de ferro, cobre e manganês. Os cursos d'água superficiais que drenam a área do entorno do aterro necessitam de um monitoramento sistemático. Os resultados das análises executadas no Rio Muribequinha (Contécnica, 1998) apresentaram valores em torno de 7.000 mg/l de DQO.

A disposição de Aguazinha, no Município de Olinda, RMR - Parte Norte, se dá na forma de aterro controlado, embora hajam equipamentos para a implantação da técnica de bioremediação onde as células apresentem uma engenharia apropriada para monitoramento do chorume e dos gases. Sob o ponto de vista de poluição, a localização do aterro, em área significativamente habitada, predispõe-o a impactos ambientais relevantes. Geologicamente, entretanto, sua deposição sobre os sedimentos da Formação Barreiras reside em uma baixa vulnerabilidade para as águas subterrâneas.

Nos demais municípios, em geral, a disposição é feita sem planejamento e sem emprego de métodos de engenharia que possam drenar os gases e o chorume. A deposição ocorre na forma de confinamento de lixo, na maioria, sem compactação, nem espalhamento do material ou cobertura. A situação destes municípios está resumida nos dois quadros seguintes. No primeiro quadro, os impactos citados estão relacionados a poluição do ar, solo e recursos hídricos superficiais e subterrâneos, levando em consideração a disposição do lixo em relação aos centros urbanos.

Quadro apresentando os principais impactos ambientais causados pela disposição dos resíduos sólidos, por município da Região Metropolitana do Recife

	População (IBGE, 2000)	Reservas ecológi-cas	Quantidade recolhida de resíduos sólidos (t/dia)	Destino final	Impacto ambiental
ABREU E LIMA	89.091	02	163,00	Sítio IAMA, próximo a BR-101 Norte	– Proximidade da malha urbana; – Possibilidade de escoamento super-ficial do chorume para a drenagem local; – Área c/remanescentes de matas e capoeiras; – Odores de decomposição.
ARAÇOIABA	15.101	-	19,00	Margem da rodo-via PE-41 que faz ligação com Car-pina	– Não se verificam efeitos ao meio ambiente. Apenas o meio biótico está descaracterizado em termos de vegetação.
CABO DE SANTO AGOSTINHO	152.836	-	199,00	Lixão da Estrada Preta	– Contaminação da drenagem (riacho Raposo, afluente do rio Pirapama); – Ocorrência de odores e fumaça; – Proximidade de indústrias.
CAMARA-GIBE	128.627	ZEPE de Aldeia	152,00	Timbi (loteamento Timbi)	– Proximidade da malha urbana.
IPOJUCA	59.230	-	63,00	Loteamento Ca-noas, Sítio da Usina Salgado	– Risco de contaminação do aqüífero livre devido a alta permeabilidade das areias que dominam a paisagem local.
ITAPISSUMA	20.133	-	28,00	Fazenda Cumbre (bairro de São Pedro)	– Proximidade da malha urbana; – Ocorrência de obras.
ITAMARACÁ	15.854	06	24,00	Fazenda Caboclo, lixão do Areal	– Possibilidade de contaminação do aqüífero livre e da drenagem (riacho Caboclo); – Proximidade de habitações (lixão do Areal).
JABOATÃO DOS GUARA-RAPES	580.795	04	967,00	Aterro da Muribeca	– Devido a transformação do lixão em aterro sanitário, os impactos ao meio ambiente estão sendo minimizados.
MORENO	49.169	05	52,00	Aterro da Muribeca	– A área dista 24 km do centro da sede municipal.
OLINDA	368.666	01	357,88 *	Aguazinha	– Devido a transformação do lixão em aterro sanitário, os impactos ao meio ambiente estão sendo minimizados.
PAULISTA	262.072	03	466,00	Jaguarana	– Poluição pelo chorume da drenagem local; – Localizado dentro da reserva flores-tal de Jaguarana.
RECIFE	1.421.993	06	3.410,00	Aterro da Muribeca	– Devido a transformação do lixão em aterro sanitário, os impactos ao meio ambiente estão sendo minimizados.
SÃO LOURENÇO DA MATA	90.344	06	169,00	Área próxima a zona urbana	– Riscos de contaminação das águas superficiais; – Proximidade da ocupação urbana.

Fonte: Novelino (2001)

* DADOS CONTÉCNICA, 1998

Síntese de tratamento e disposições finais dos resíduos sólidos dos municípios da Região Metropolitana do Recife

Município	Unidade de Tratamento	Disposição final
ABREU E LIMA	Não possui	Lixão situado na localidade de Iamã, próximo à rodovia BR-101 Norte.
ARAÇOIABA	Não possui	Lixão situado próximo à rodovia PE-41, que faz a ligação com Carpina
CABO DE SANTO AGOSTINHO	Pontezinha	Localidade denominada Estrada Preta numa área situada em um vale bastante próximo ao Rio Pirapama
CAMARAGIBE	Não possui	Lixão, denominado de Timbi, situado no bairro de mesmo nome a 5 km do centro da cidade
IPOJUCA	Não possui	Área a 3 km do centro do Distrito de Nossa Senhora do Ó, próxima ao Loteamento Canoas
ITAMARACÁ	Sede municipal, vizinha ao cemitério municipal	-
IGARASSU	A 5 km do centro da cidade	Às margens da estrada de Nova Cruz, no "Lixão do Sr.Nino"

Dados: CONTÉCNICA, 1998.

6.3.2 Mineração

A mineração é uma atividade de grande impacto ao meio ambiente, e a Constituição Federal de 1988 e o Código de Mineração obrigam os mineradores a restaurarem as áreas por eles degradadas durante os processos de lavra. Os impactos gerados pela mineração estão representados basicamente pelo desmatamento, alteração do curso e assoreamento dos rios e córregos ou erosão das margens, instabilização de taludes, poeira, barulho, alterações do nível freático e do relevo. A mineração pode gerar também erosão e subsidência do solo, geração de pilhas de material estéril agressivo ao meio ambiente, alteração do pH das águas, contaminação dos cursos d'água e do lençol freático por resíduos provenientes dos processos de lavra e beneficiamento de minério, etc.

Cada bem mineral explotado, bem como o método de lavra utilizado, produzirão um ou mais impactos específicos, cuja mitigação e controle será mais ou menos complexa e financeiramente dispendiosa, inclusive, não havendo a recuperação das áreas com lavra paralisada. Neste trabalho, o termo lavra será utilizado segundo a definição do Código de Mineração (capítulo III, art. 36) sem, entretanto, levar em consideração a situação legal da mineração frente aos órgãos competentes. O código define a lavra como o conjunto de operações coordenadas, objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas.

Na RMR a mineração é representada basicamente por minerais não metálicos, de uso na construção civil - a areia, a brita, a argila vermelha e os materiais de empréstimo (saibro). Estes materiais são extraídos em grande quantidade e sem nenhuma medida de controle de impacto ambiental, não havendo, inclusive a recuperação das áreas com a lavra paralisada.

As fontes de água mineral explotadas na área, não são geradoras, até o momento, de impactos ambientais. Portanto, não serão tratadas neste trabalho.

Nos mapas (**Anexos I e II**), foram cartografadas as lavras de areia, brita, argila e material de empréstimo, enquadradas no conceito de lavras de grande porte, segundo Souza Júnior (1994) ou seja:

"No caso das lavras de brita (pedreiras), foram classificadas como de grande porte, aquelas com grau de mecanização da lavra que possibilite uma produção de material bruto, suficiente para alimentar um circuito de britagem que produzirá os diversos tipos comerciais de brita. Considera-se lavra mecanizada quando a presença do homem é apenas para operar os equipamentos de perfuração para desmonte com explosivos, carregamento e transporte.

Com respeito às barreiras de argila e os areeiros, foram classificadas como de grande porte aquelas lavras com duas ou mais unidades de carregamento (pás carregadeiras). Vale salientar que esses equipamentos também executam o desmonte da rocha."

As pequenas e médias lavras também causam danos ao meio ambiente. Entretanto, devido ao elevado número existente na RMR, as mesmas não foram representadas em mapa. Em princípio, a extração de areia, pelas características de material inerte, não poderia afetar de maneira contundente o meio ambiente. Entretanto, a necessidade de extrair um volume grande de material para tornar a atividade lucrativa, bem como a utilização de métodos de lavra muitas vezes inadequados, geram o aparecimento de problemas ambientais sérios.

As agressões mais contundentes ao meio ambiente geradas por este tipo de mineração, traduzem-se pelas alterações no modelado do relevo e cursos d'água, pela destruição da fauna e flora existentes sobre as superfícies arenosas, pelas alterações no lençol freático, instabilização de taludes naturais, assoreamento de cursos d' água e instalação de processos erosivos.

A maioria das lavras existentes na RMR (68% em 1994) não é legalizada e, em muitos casos, funciona de forma itinerante ao longo dos rios e apenas nas épocas de maior consumo pelo mercado. Além disso, nenhuma delas tem medidas de controle ou mitigação de impactos ambientais.

Na RMR a areia é explotada de depósitos do tipo leito de rio e planície aluvial, terraço marinho e de camadas de arenito friável. Nos depósitos de leito de rio, terraços e planície fluvial, a lavra é feita por meio da dragagem do leito dos rios (**Foto 9**), desmonte hidráulico das margens ou a raspagem e escavação dos terraços e planícies aluvionares (**Foto 10**).

Foto 9 - Lavra de areia no rio Ipojuca, próximo à Usina Ipojuca

Foto 10 - Lavra de areia em terraço marinho - BR 101 Sul, município de Jaboatão dos Guararapes

Nestas áreas o meio ambiente é afetado com o rebaixamento excessivo dos leitos dos rios e córregos, alterações na topografia das margens, instabilidade de taludes marginais, alterações dos ciclos de erosão-deposição do rio, destruição da fauna e flora bentônica e das margens dos rios, rebaixamento do lençol freático, alterações na turbidez das águas e formação de lagoas artificiais.

Nas camadas de arenito friável, o material arenoso é extraído a partir do desmonte com pás carregadeiras ou escavadeiras. Neste tipo de depósito os métodos inadequados de lavra conduzem ao aparecimento de instabilidades de talude, assoreamento de cursos d'água, alterações da paisagem, alterações do lençol freático, erosões e desmatamentos .

A extração de rochas para transformação em brita, requer empresas de mineração organizadas e legalizadas. Assim, foram cadastradas 25 empresas de mineração na RMR que exploram a brita (Souza Júnior, *op.cit.*).

Os impactos gerados por essas lavras são representados pelo desmatamento, ruído, produção de pó, alterações da paisagem e do lençol freático, e criação de cavas que após o abandono da lavra, tornam-se locais propícios para instalação de vetores de doenças graves, por abrigar consideráveis volumes de água estagnada.

A lavra de argila e materiais de empréstimo é geradora de grandes impactos ao meio ambiente, representados por alterações profundas da topografia (vide mapa anexo), instabilização de taludes, assoreamento de cursos d'água, erosão e desmatamentos.

Na **Foto 11** é possível ver a grande devastação provocada por este tipo de lavra, inclusive em áreas de interesse turístico, onde o método de lavra é sempre o mesmo, ou seja: desmonte da jazida com pá carregadeira que vende o material sem nenhum tipo de beneficiamento.

Foto 11 - Lavra de argila no município de Jaboatão dos Guararapes, próximo ao limite com o município do Recife

Cadastro das Lavras na Região Metropolitana do Recife . AT: material de aterro; CC: construção civil; IC: indústria cerâmica; BR: brita; PR: pedra rachão; PL: "paralelos"; MF: meio-fio; AR: areia; GN: brita (gnaisse/granito); TH: pedra de talhe (gnaisse/granito); ID: empresa identificada; IG: empresa ignorada; PP: lavra de pequeno porte; MP: lavra de médio porte; GP: lavra de grande porte; AT: em atividade; PT: paralisação temporária; PD: paralisação definitiva; VS: impacto visual; DM: desmatamento; ER: erosão; AS: assoreamento; PA: poluição atmosférica.

MUNICÍPIOS	PRODUTOS							BENS MINERAIS				EMPRE-SA		PORTE DA LAVRA			STATUS			IMPACTOS				
	AT	CC	IC	BR	PR	PL	MF	AG	AR	BR	TH	ID	IG	PP	MP	GP	AT	PT	PD	VS	DM	ER	AS	PA
Abreu e Lima	17	14	2	-	-	-	-	6	13	-	-	5	14	13	6	-	3	3	13	19	17	1	-	-
Cabo de S. Agostinho	21	-	1	-	-	-	-	22	-	-	-	2	20	16	5	1	3	6	13	21	17	6	1	-
Camaragibe	9	1	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	6	7	2	-	3	-	6	9	8	4	2	-
Igarassu	15	2	-	-	-	-	-	13	3	-	-	5	11	14	1	1	3	2	11	6	12	2	-	-
Itamaracá	11	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	3	8	9	1	1	-	5	6	11	11	5	-	-
Jaboatão dos Guararapes	24	11	2	12	29	24	23	17	9	21	27	53	21	41	18	15	37	17	20	21	17	6	1	3
Moreno	5	1	-	1	1	-	-	6	-	1	-	2	5	6	-	1	2	-	5	5	7	1	-	1
Olinda	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	2	1	-	2	-	2	1	3	3	-	-	-
Paulista	16	6	-	-	-	-	-	17	-	1	-	5	13	10	7	1	6	2	10	17	13	1	-	-
Recife	21	1	1	-	1	-	-	20	-	1	-	4	17	5	14	2	5	2	14	19	11	2	1	-
TOTAL DE LAVRAS	142	36	6	13	31	24	23	124	25	24	27	83	117	122	54	24	62	39	99	131	116	28	5	4
PERCENTUAL	52	13	2	5	11	9	8	62	12	12	13	42	58	61	27	12	31	20	49	46	41	10	2	1

Fonte: Modificado de Souza Júnior (1994)

6.3.3 Obras de Engenharia

O crescimento da população urbana e o desenvolvimento econômico de uma área, conduzem à necessidade de realização de obras de infra-estrutura tais como: adutoras, estradas, portos, barragens etc., que são vitais para o bem estar das populações. Tais obras impactam o meio ambiente de forma mais ou menos intensa, a depender dos cuidados tomados durante as fases de projeto, construção e funcionamento destas obras.

Entre os problemas gerados por estas obras são citados: desmatamentos, instabilização de taludes, alterações dos padrões de drenagem e da topografia da área, erosão, assoreamento de cursos d'água, aterro de áreas inundadas e inundáveis, alterações no volume de sedimentos transportados pelos rios, alterações da direção de correntes marinhas e alterações do lençol freático, mencionados anteriormente.

Especificamente na RMR, destacam-se como principais obras geradoras de impactos ambientais a construção de portos e a construção civil em áreas de manguezais, rodovias e estradas, e loteamentos irregulares.

a) Rodovias e Estradas

Rodovias e estradas são obras prioritárias para expansão das áreas urbanas já que facilitam o transporte, incentivando a localização de moradias e projetos econômicos em locais mais afastados dos centros urbanos já existentes.

Os problemas gerados por estas obras iniciam-se com o desmatamento, prosseguem com a instabilização de taludes e alterações da drenagem natural e da topografia, e termina com a erosão.

A maioria dos taludes ao longo destas estradas e rodovias, foi realizado sobre solos residuais (normalmente latossolos), ou rocha muito alterada. Estes materiais são bastante estáveis e resistentes a erosão.

Em alguns locais entretanto, as rodovias e estradas cortam materiais de constituição mais arenosa e inconsolidada, como os sedimentos da Formação Cabo e alguns tipos de solos residuais onde as condições de estabilidade e erodibilidade são menos favoráveis.

Nesses locais, são necessários alguns cuidados como obras de contenção, drenagem e proteção contra erosão, sem o que estes taludes correm o risco de sofrer deslizamentos e voçorocamentos.

Como exemplos devem ser citados os casos da duplicação da BR-101, no trecho localizado no município do Cabo de Santo Agostinho, que exigiu obras de contenção de taludes (como gabiões), drenagem e proteção contra erosão (com plantio de vegetação adequada - **Foto 12**) e o trecho ao longo da BR-232, no município de Moreno, onde a erosão se instalou de forma intensa, criando grandes ravinamentos e voçorocas (**Foto 13**).

Foto 12 - Obra de contenção de encosta ao longo da duplicação da BR-101 Sul, município do Cabo de Santo Agostinho

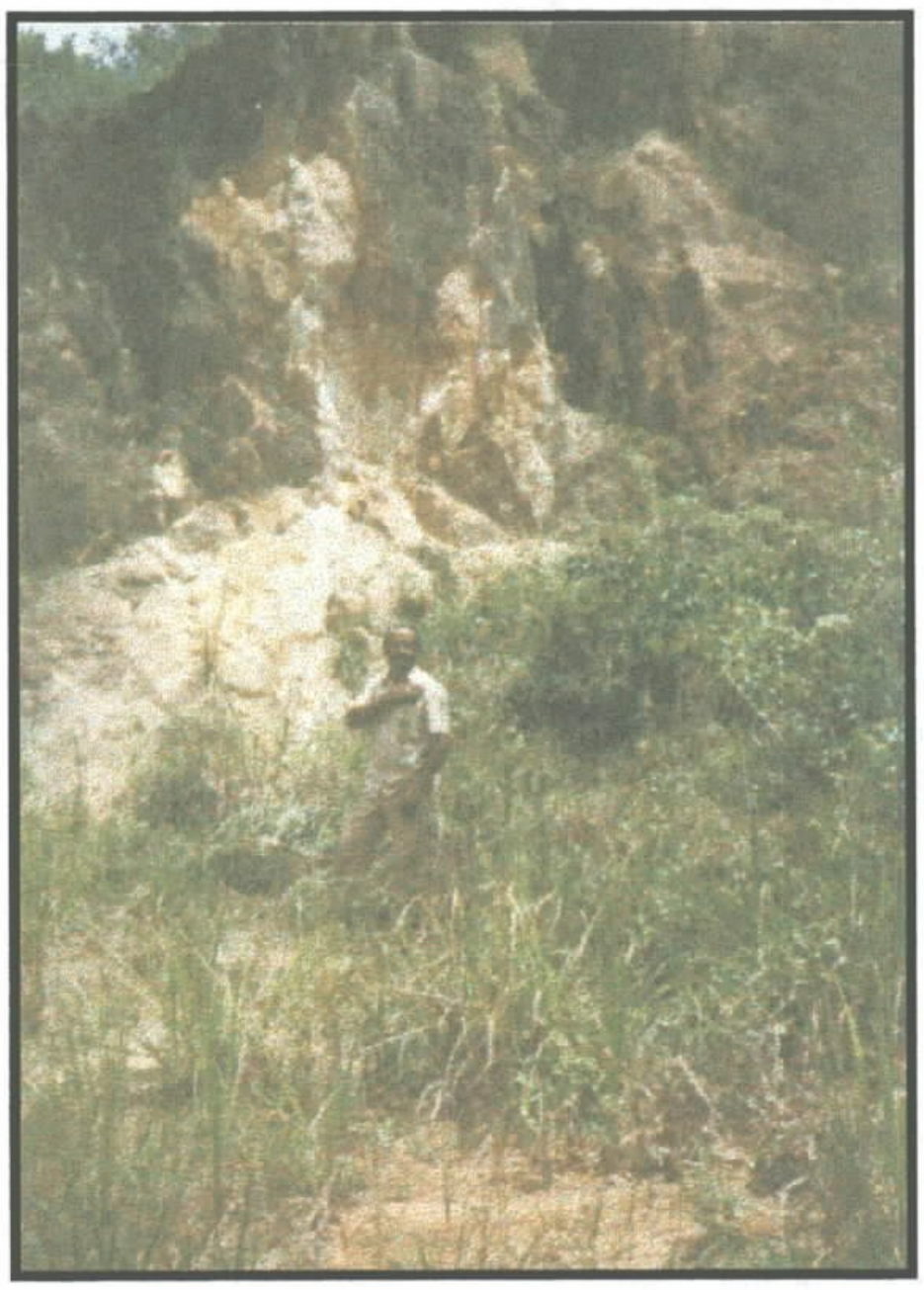


Foto 13 - Parede oeste de voçoroca instalada às margens da rodovia BR-232, no município de Moreno

b) Barragens

As barragens são obras de engenharia utilizadas pelo homem há mais de 5.000 anos, primeiramente, na antiga Mesopotâmia, para controlar as cheias dos rios, também para irrigação, abastecimento, navegação e, nestes últimos 100 anos, para geração de energia elétrica.

Na RMR, todas as barragens são de concreto (**Foto 14**) e foram construídas em áreas de rochas pertencentes ao embasamento cristalino o que, a princípio, caracteriza-se como uma locação apropriada para este tipo de empreendimento.

Foto 14 - Barragem de Tapacurá construída para amortecer
As cheias do rio Capibaribe

Por outro lado, durante a fase de construção de uma barragem, são gerados impactos ambientais como o desmatamento, necessário para a construção e desenvolvimento do canteiro de obras, bem como para a instalação de áreas de explotação de materiais de empréstimo e pedreiras. Isto acarreta além do impacto na vegetação local, alteração na topografia da área.

Ressalta-se, também, na execução desta obra, o desvio do curso do rio para construção do barramento, além do lançamento das águas servidas dos canteiros de obras e demais instalações no corpo d'água.

c) Construção civil em áreas de manguezais

O crescimento urbano das cidades de Olinda e Recife ao longo dos últimos 500 anos, destruiu grandes áreas de manguezais. Tais áreas estão sob continua pressão da especulação imobiliária e também daqueles que não tem onde morar e, constróem suas habitações nestes locais inóspitos. A construção nestas áreas de manguezais, requer técnicas cuidadosas como estaqueamento do terreno e controle de recalques do aterro lançado, já que é comum a presença de camadas de argila compressível, com baixa capacidade de suporte, onde o aterro lançado sofrerá ao longo do tempo, grandes recalques, devido a expulsão da água dos poros das argilas.

Em alguns locais da planície do Recife esse recalque poderá chegar a uma velocidade de até 5 centímetros por ano (Gusmão Filho, *op.cit.*). Devido a este fato, trechos da avenida Agamenon Magalhães ficam alagados em alguns dias de maré alta, quando o canal que passa ao longo desta avenida transborda. Isto também ocorre em outros bairros da cidade, onde os aterros de manguezais estão abaixo da cota da maré máxima.

A baixa capacidade de suporte dessas áreas de mangues, foi comprovada, como exemplo, nas sondagens a percussão realizadas na futura sede da **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**, no bairro de Afogados no Recife, onde os índices de SPT (*standard penetration test*) atingiram valores muito baixos (1/48) e a espessura da camada de argila compressível atingiu 7,0 metros.

d) Portos

A construção de portos em áreas marítimas ou em cursos d'água continentais, requer cuidados especiais com o meio ambiente. No caso dos portos maritimos, esses cuidados passam por estudos sedimentológicos, batimétricos, de direção de correntes marítimas, ondas e ventos, além de estudos referentes a fauna e flora.

A primeira conseqüência da implantação de um porto, sem detalhados estudos ambientais, é a alteração no ciclo deposição-erosão ao longo de extensos trechos da costa, devido não só a alteração no volume de sedimentos que chega ao mar, mas também a alterações nas direções das correntes marítimas.

Na RMR existem dois portos, o do Recife e o de Suape. O porto do Recife tem vários séculos de existência e a sua implantação e a posterior construção do quebra-mar, alteraram a circulação das correntes marinhas da área, com a instalação de processos erosivos em áreas mais ao norte, especificamente em áreas do município de Olinda. Essa ação da erosão na costa do município de Olinda, levou à construção de vários espigões e diques de pedra para proteção das moradias situadas na orla marítima.

O porto de Suape, faz parte do Complexo Industrial e Portuário de Suape, tendo sido sua implantação iniciada a partir da década de 80. Este porto, situado no município de Ipojuca, é de suma importância para o Estado de Pernambuco e para o Brasil, já que sua proximidade com os mercados consumidores da Europa e Estados Unidos, aliado à infra-estrutura, permite baratear as exportações nacionais.

O porto de Suape necessitou de detalhados estudos ambientais durante as fases de projeto e implantação, bem como de sua recente expansão. Entretanto, as modificações geradas na linha de costa pelas obras de engenharia, levaram a alterações na direção das correntes marítimas, com conseqüências no ciclo erosão x deposição e alterações nos volumes de sedimentos nessa área da costa.

e) Loteamentos Irregulares

A falta de fiscalização e acompanhamento técnico tem propiciado, desde longa data, a proliferação de loteamentos irregulares (clandestinos), altamente impactantes ao meio ambiente.

Tais loteamentos instalam-se em qualquer local, seja ocupando áreas de proteção de mananciais, seja em matas ou encostas de declividade elevada. Qualquer lugar economicamente atrativo pode ser desmatado e ter a topografia alterada para abertura das ruas e dos lotes.

Como conseqüência deste tipo de ocupação são gerados graves problemas, destacando-se o desmatamento, seguindo-se a erosão e assoreamento de cursos d'água, e os deslizamentos de encostas, registrados em locais como os morros da zona Norte do Recife e do município de Jaboatão dos Guararapes onde as invasões e loteamentos irregulares são comuns. Nesses locais a ocupação se processou e permanece há tanto tempo, que se tornaram urbanizadas pelos poderes públicos e a posse legal da terra é, em muitos casos, regularizada para os moradores.

Embora exista o Decreto Estadual Nº 6.347 de 18/03/1980, que delega à FIDEM competência para examinar e autorizar a instalação de projetos de parcelamento do solo na RMR, o problema dos loteamentos irregulares na região persiste e é tão sério, que o documento denominado Metrópole 2010 – Plano Diretor da RMR, aprovado pelo Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana (CODERM), propõe controle urbano para loteamentos clandestinos, reforçando o cumprimento da lei (Costa, 1998).

Para que se tenha uma idéia do tamanho do problema, basta dizer que, somente no período de 1980 a 1992 foram aprovados, em toda RMR, 251 loteamentos, sendo 57% nos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca e Moreno (DNPM, 1995).

6.3.4 Agricultura

Na RMR, a atividade agrícola se instalou desde o século XVI, estando representada fundamentalmente pela cultura da cana de açúcar.

Para se ter uma idéia da importância desta cultura para a região, basta citar que 50% das exportações do Estado de Pernambuco originam-se do açúcar e que, as 25 usinas existentes no estado (mais de 20 na RMR), empregam 25 mil trabalhadores na indústria do açúcar na época da safra e 130 mil trabalhadores nos canaviais (Belfort, 1998). No mapa de evolução do cultivo de cana, pode ser visto que mais de 60% da RMR está coberta por canaviais, especialmente na RMR - Parte Sul.

O clima quente e úmido da região, aliado ao tipo de solo adequado (massapê), propiciaram uma ótima adaptação da cana de açúcar, desenvolvendo não só a agricultura mas também, toda uma indústria sucro-alcooleira.

Contam-se hoje algumas dezenas de engenhos de açúcar e várias usinas de moagem e produção de derivados da cana de açúcar. Esta atividade é altamente impactante ao meio ambiente, num processo que se desenvolve há mais de 400 anos.

A instalação da cultura da cana de açúcar em uma determinada área inicia-se com o desmatamento e queima dos restos vegetais. Seguem-se a aragem do solo, adubação (quando necessário), plantio e colheita (com queima das folhas da cana).

Ao longo deste ciclo, a Mata Atlântica existente no Estado de Pernambuco foi quase que totalmente destruída, restando muito pouco da original. A queima dos restos vegetais na fase de corte da mata e a repetição da queima dos canaviais antes de cada colheita, produzem mudanças químicas e físicas do solo, além da aniquilação da fauna existente.

Tais mudanças são representadas pela perda de nutrientes, alterações da porosidade, da temperatura e da umidade, além da destruição das comunidades faunística e florística do solo bem como a fuga ou morte dos animais de maior porte. Aliam-se a isto, a produção de gases tóxicos que poluem a atmosfera e contribuem para a instalação do efeito estufa.

A queima dos canaviais antes da colheita da cana, também pode ameaçar as redes de transmissão de energia elétrica que cruzam estas áreas. Tal fato se deve ao aumento da temperatura causado pelo fogo, sobre os cabos elétricos e dessa forma desligando circuitos elétricos das redes de transmissão. Deve-se citar o fato de que somente na safra 87/88 foram registrados 90 desligamentos de redes, devido a queima de canaviais.

Os agricultores alegam aumento de até 30% nos custos de produção, no caso da colheita da cana crua (sem queima antes do corte), se comparado ao método tradicional, justificando de forma pouco convincente o secular hábito da queima da cana antes da colheita.

Entretanto, durante as queimadas, o solo pode atingir a temperatura de 160°Ca 200°C, o que destrói a maioria dos microorganismos responsáveis pela fertilidade. O calor volatiliza todo o nitrogênio, parte do enxofre e do fósforo, nutrientes importantes para a planta, além de todo o carbono (nutriente para os microorganismos do solo).

Quando se utiliza o método de colheita da cana crua, o solo é melhor preservado pois fica coberto pela folhagem da cana, evitando o crescimento de ervas daninhas (diminuindo o consumo de herbicidas, que podem poluir o meio ambiente), e mantendo a umidade do solo por períodos mais longos. Por si só, estes fatos já representam uma economia com fertilizantes, herbicidas e corretivos do solo.

As usinas de açúcar e álcool muito contribuem para aumentar a poluição nos rios da RMR. Dados levantados para safra de cana 80/81, no estado de Pernambuco, mostram que a carga poluidora efetiva das unidades industriais alcooleiras era de 269,99 kg DBO/dia (ITEP, 1982).

Embora sejam dados antigos, é importante citá-los, pois devido a crise da indústria sucro-alcooleira no estado, na década de 90, esses números não devem ter muita alteração, já que a safra de cana 96/97 foi de 16,7 milhões de toneladas e a safra 98/99 gira em torno de 15,8 milhões de toneladas com uma área plantada de 423 mil hectares, devido a problemas climáticos. Essa carga poluidora origina-se principalmente das águas de lavagem de cana (açúcar contido nas partes cortadas da cana, palha, fragmentos e terra) e do vinhoto (vinhaça). Este último constitui-se num dos problemas ambientais mais importantes gerados pelas usinas de açúcar e destilarias de álcool. O vinhoto, embora não seja o poluente produzido em maior volume, apresenta altos teores de matéria orgânica, sais minerais e baixo pH.

Os processos de produção de álcool geram um volume de 12 a 14 litros de vinhoto para cada litro de álcool produzido, com uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 2500 mg/l.

A grande quantidade de matéria orgânica, passível de oxidação, contida no vinhoto, retira o oxigênio livre existente nos cursos d'água, causando grandes prejuízos para fauna e flora aí existentes e limita a utilização dessa água (ITEP, *op.cit.*).

Todavia, o vinhoto pode ser integralmente aplicado na lavoura da cana de açúcar, se adequadamente manejado. Isso nem sempre ocorre na RMR, onde foram registrados vários pontos nos quais a ferti-irrigação **(Anexos I** e **II)** polui os cursos d'água próximos aos canaviais (CONTECNICA, 1998), conforme discutido no **Capítulo 3.3.1**.

Durante a adubação poderão ser usados além do vinhoto, adubos químicos ou naturais. A falta de planejamento e controle de lançamento do adubo, pode conduzir uma boa parte do adubo para os rios, córregos e áreas inundadas. No caso do adubo químico haverá a tendência de eutrofização das águas contaminadas por estes resíduos e a concentração de elementos químicos (como os nitratos e fosfatos), prejudiciais à saúde humana e animal.

A simples adoção de técnicas modernas de cultivo tais como, a melhoria genética das espécies de cana de açúcar cultivadas, a eliminação do processo de queima dos canaviais antes da colheita (técnica já utilizada no sul do país) e manejo do solo mais adequado, propiciariam não só um aumento da produtividade mas, também, uma significativa diminuição dos impactos ambientais. Atualmente, um estudo mais atualizado das condições de clima, solo e relevo da zona da mata pernambucana, sugere a implantação de projetos de reflorestamento visando a produção de papel e madeira para usos diversos, consorciado (pelo menos na fase de implantação) com cana de açúcar (Castilho & Cyreno, 1998).

Além da cana de açúcar, também existe a cultura do côco na RMR. Entretanto, esta cultura é de expressão secundária no contexto agrícola da área. Os coqueirais já foram muito disseminados ao longo do litoral da região. Sua área tem diminuído, rapidamente, por conta da especulação imobiliária que tem, nas áreas próximas ao litoral, um forte atrativo para o lucro.

Muitos coqueirais ainda estão preservados ao longo dos municípios de Olinda, Paulista, Igarassu, Itamaracá e Itapissuma. Todavia, a especulação imobiliária pressiona e ameaça esses coqueirais que, na maioria, estendem-se até a beira mar.

Ao Sul, os coqueirais encontram-se mais preservados que a Norte da RMR. Algumas áreas de manguezais tem sido desmatadas e drenadas para plantação de coqueirais (**Foto 15**). Tal fato se dá principalmente no município de Ipojuca e já se pode prever que, em futuro não muito distante, estas áreas utilizadas para o plantio de coqueirais serão alvo da especulação imobiliária, com o aparecimento de vários loteamentos.

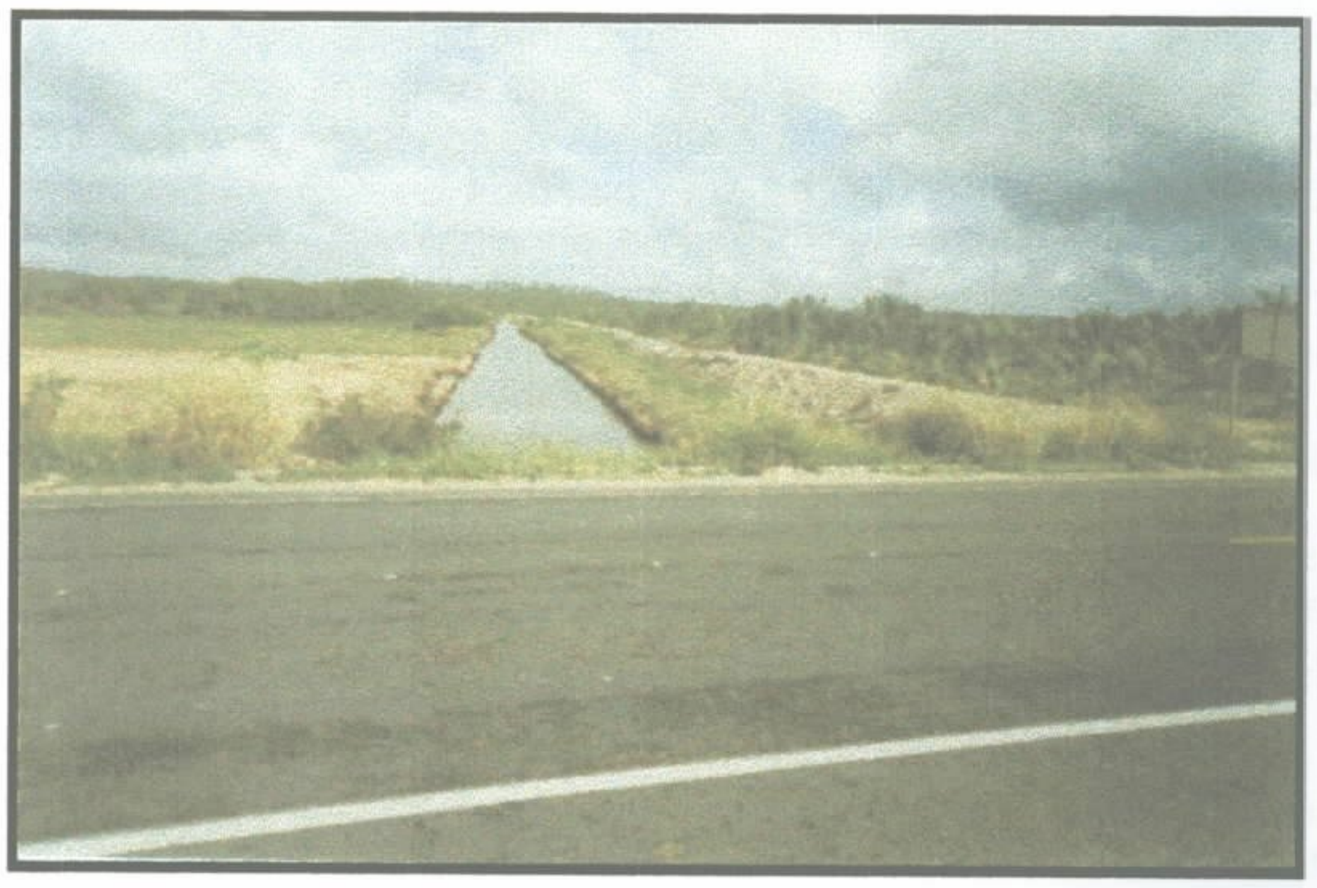


Foto 15 - Drenagem de área de antigos manguezais, para plantação de coqueiros, próxima a Porto de Galinhas.

A ocupação do solo da RMR se processa de forma desordenada e, conseqüentemente, muitas vezes, agride o meio ambiente. A cartografia das principais atividades impactantes, permitiu diagnosticar aquelas com maior efeito e o que acarretam. Sem uma política de desenvolvimento sustentável, os impactos observados podem tornar-se irreversíveis à estabilidade dos recursos naturais.

Verificou-se que atividades como desmatamento, aterro de manguezais, ocupação de encostas de elevada declividade, perfuração de poços, disposição de resíduos sólidos, exploração mineral e implantação de obras de engenharia, sem critérios técnicos compatíveis nem medidas mitigadoras, resultam em reações encadeadas, significativamente danosas ao equilíbrio ambiental.

Assim, o desmatamento leva à erosão, que leva à perda da camada de solo agricultável, esta ao assoreamento dos corpos d'água, provocando enchentes, que resultam em perdas econômicas e de vidas, desencadeando a queda na qualidade de vida da população.

Verifica-se ainda que na RMR, os impactos ambientais estão direta e essencialmente relacionados ao crescimento populacional sem um suporte físico planejado, para recebimento dessa demanda de espaço.

Dados do IBGE (*in*: Calheiros, 1996), demonstram que da década de 40 para a década de 90 a população da RMR quintuplicou, passando de 570 mil para mais de 2,9 milhões de habitantes, com aumento mais significativo entre as décadas de 60 e 80. Entre as décadas de 40 e 80, a população cresceu a uma taxa média de 4% ao ano. Entretanto, no período entre as décadas de 80 e 90, esse crescimento foi de apenas 2,1% (DNPM, 1995) e 1,55% aproximadamente no período de 1990 a 2000 (IBGE, 2001). Apesar dessa queda no crescimento, a RMR apresenta uma taxa de urbanização de sua população superior a 90%; nos municípios de Recife e Olinda essa taxa é de 100%.

A evolução da área urbanizada entre as décadas de 70 e 90, apresentou, conforme os dados colhidos, um acréscimo na Parte Norte de 35% entre os anos de 74 e 84, enquanto na Parte Sul da RMR esse percentual atingiu 101%. Tal diferença deve-se à potencialidade turística da região Sul que induziu uma expansão imobiliária e comercial, principalmente no Município de Jaboatão dos Guararapes, o qual apresentou, nos últimos 30 anos, uma taxa de crescimento de 478% na faixa costeira. Esse índice de crescimento caiu para 24% e 45%, respectivamente, nos períodos de 1984 e 1995, possivelmente devido a uma estagnação na economia.

A ocupação urbana desordenada dos espaços da RMR, tem como exemplos importantes, a destruição de manguezais e matas (inclusive em áreas de preservação de mananciais), aterro de mangues e áreas inundadas de cidades como Recife e Olinda, a alteração do curso do Rio Capibaribe e o lançamento de esgotos e dejetos industriais nos córregos e rios de toda região.

Além disso, a ocupação desordenada ocasionou o lançamento de significativas quantidades de lixo sobre o solo sem critérios técnicos, a exploração desordenada dos aqüíferos profundos, como no bairro de Boa Viagem no Recife, a impermeabilização do solo e a ocupação de áreas de declividade elevada como os morros de Camaragibe, Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes.

Os estudos aqui desenvolvidos demonstram ainda que os impactos ambientais na área litorânea da RMR estão, também, intrinsecamente relacionados à ocupação desordenada da população e ao relevo mais acidentado nas proximidades dessa região, além das atividades antrópicas e conseqüências advindas da variabilidade climática com déficit de água. Durante as grandes estiagens a qualidade da água dos rios tende a decair devido a diminuição do volume d'água e ali encontram-se, algo concentrados, efluentes domésticos, comerciais e industriais.

Observando-se o mapa de atividades impactantes da RMR – Parte Norte, nota-se que o Rio Beberibe é o corpo d'água mais problemático com relação a qualidade de água, comprometido pelo lançamento de águas servidas. No mapa de atividades impactantes da RMR – Parte Sul, verificou-se que o Rio Jaboatão apresenta-se seriamente poluído por efluentes industriais no trecho que atravessa a cidade homônima, e o Rio Ipojuca em toda faixa que atravessa o município homônimo possui alta concentração de coliformes fecais.

Os baixos índices de chuvas (que nos anos de 1998 e 1999 levaram ao racionamento da água na região metropolitana) têm-se repetido ciclicamente, causando problemas no abastecimento da RMR. A evolução dos estudos das variações climáticas possibilitará a previsão com antecipação de meses destas estiagens. Tais previsões climatológicas, baseadas no conhecimento das variabilidades climáticas sazonais, anuais e decenais na região, servirão para a estimativa das vazões mínimas, permitindo o planejamento dos racionamentos de água, e de novas construções de açudes e barragens para minimizar os efeitos da estiagem, otimizando o gerenciamento dos recursos hídricos.

Observa-se que o atual gerenciamento dos recursos hídricos superficiais em tempo de estiagem não supre a demanda da RMR, exigindo um melhor aproveitamento dos recursos subsuperficiais, através de poços de captação que estejam de acordo com as normas de construção e com a legislação específica de aproveitamento dos recursos subsuperficiais. É necessário ainda considerar o altíssimo índice de desperdício de 60% da água distribuída à população, exigindo medidas corretivas urgentes.

Como os aqüíferos profundos no Recife já estão em iminente exaustão, outra opção de uso das águas seria a intensiva captação do lençol freático, nos aqüíferos livres, através de poços tubulares rasos, mais baratos, para fins de uso doméstico, evitando-se a ingestão das mesmas, salvo com o processamento de tratamentos específicos, tais como filtragens, cloração, etc.

Um cuidado que deve ser observado, porém; é para o déficit de água subterrânea devido à super-explotação dos aqüíferos, principalmente na cidade do Recife. Como se retira mais água do que vem sendo recarregado naturalmente nos aqüíferos, os níveis de água estão baixando muito, chegando, em determinadas áreas, como no bairro de Boa Viagem, a quase seco, não esquecendo da possibilidade de subsidência de terrenos por acomodação das formações, tal como na cidade do México e Las Vegas, dentre outras.

Como no Recife a recarga natural dos aqüíferos está menor do que as suas explotações, uma política de recarga artificial por poços de injeção, deveria ser adotada, como a exemplo da Califórnia, Arizona e Nevada nos Estados Unidos. Nestes estados, são reutilizadas águas servidas, com prévio tratamento intensivo e moderno, além de águas superficiais para estocagem. Na RMR, a recarga artificial, se bem planejada e executada, poderá servir ainda como barramento impedindo o avanço da cunha salina (águas subterrâneas salgadas oriundas do mar) e evitando o risco de subsidência de terreno, além de proporcionar maior estoque de água subterrânea.

De modo geral, as águas subterrâneas vêm se mantendo de boa qualidade. Entretanto, ocorrem salinizações de algumas áreas, em razão da contaminação dos aqüíferos mais profundos, que possuem originalmente água de boa qualidade, por águas salinizadas do Aqüífero Livre Boa Viagem, mais superiores, que contém mangues e paleo-mangues, ocasionada por poços construídos com má qualidade técnica, que servem de conduto hidráulico entre os aqüíferos. Outros tipos de contaminações ainda não foram detectados, pois não existem estudos específicos e nem casos ocorridos divulgados.

AFRICAN Climate variability (G4). (On line) Colorado: CLIVAR, 1999. [Citado em 24/04/1999]. Disponível em: http://www.clivar.ucar.edu/vol2/pg4_new.html.

ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M. da G. de. V. X. *A sub-bacia Cabo*. In: ***Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte.*** Recife: UFPE. 1991. (Estudos Geológicos. Série B, 10).

ANDRADE, M. C. de. ***Recife:*** problemática de uma metrópole de região subdesenvolvida. Recife: Ed. Universitária, 1979. 120p. il.

ARRAES, C. E. da S. ***Hidrologia do município de Ipojuca/Pernambuco***. Recife: CPRM/FIDEM, 1998. 18p. 1 mapa.

ASSIS, H. M. B. de. ***Projeto diagnóstico do meio físico da Bacia Lagoa Olho D'Água.*** Recife: CPRM/PMJG, 1997. 94p. il.

BELFORT, A. F. Usinas antecipam fim da safra de cana. ***Jornal do Comércio***, Recife, 1 nov. 1998. Economia, p.9.

BRASÍLIA Teimosa volta a ser castigada pela ressaca. ***Folha de Pernambuco***, 11 ago. 1998. Grande Recife, p. 3.

BUREAU of Meteorology. (On line). ***Glossary SOI definition***. Austrália, 1998. [Citado em 29/12/1998]. Disponível em: http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml.

CALHEIROS, S. C. Gestão metropolitana no Brasil. *In*: SEMINÁRIO A METRÓPOLE E O SEU FUTURO; 1996, Belo Horizonte; REUNIÃO DO FÓRUM NACIONAL DE REGIÕES METROPOLITANA, 2. ***Coletânea de material***. Ermelinda Maria Gonçalves da Silva (org.). Recife, 1996. 73p.

CARVALHO, M. de O. ***Hidrossedimentologia prática***. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.372p. il.

CASTILHO, Fernando; CYRENO, Liane. *Crash* russo agrava crise do álcool. ***Jornal do Comércio***, 6 set. 1998. Economia, p. 2.

CLIVAR Dec Cen. (On line) Colorado: CLIVAR, 1999. [Citado em 26/04/1999]. Disponível em: http://www.clivar.ucar.edu/vol1/deccen.html.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - CPRH. ***Lista de industrias poluidoras do meio ambiente.*** Recife, 1994.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL DE ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – CPRH. ***Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco.*** Recife, 1996. 143p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS ***Projeto Chapada Diamantina : Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA.*** Informações Básicas para a Gestão Territorial: diagnóstico do meio físico e da vegetação. Salvador: IBAMA, 1994. 104p.

CONDEPE. ***Mapa das bacias hidrográficas***. Recife, 1986. Escala 1:600.000.

CONTÉCNICA . Estudos de consolidação de diagnóstico sobre a qualidade das águas, relativos a preparação do programa de investimentos nas bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca. *PQA/PE.* ***Diagnóstico sobre resíduos sólidos urbanos e sua disposição final na Região Metropolitana do Recife***. *Recife: Contécnica Ltda, 1998. v.2 (Relatório, 5).*

CONTÉCNICA. Estudos de consolidação de diagnóstico sobre a qualidade das águas, relativos a preparação do programa de investimentos nas bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca. *PQA/PE.* ***Disponibilidade e situação dos mananciais para o abastecimento metropolitano.*** Recife: Contécnica Ltda, 1998. 256p.

COSTA, Carlos. Refúgios atraem moradores. ***Diário de Pernambuco***, 4 Out. 1998. Vida Urbana, Caderno D, p.6.

COSTA, W. D. ***Reconhecimento geológico e hidrogeológico do Recife e municípios adjacentes.*** Recife: DSE-SUDENE. 1968.

COSTA, W. D.; SANTOS, A. C.; COSTA FILHO, W. D. O controle estrutural na formação dos aqüíferos na Planície do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, 1994, Recife. ***Anais.*** Recife: ABAS. 1994. 543p. il. p.38 – 43.

COSTA, W. D. et al. ***Estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana do Recife.*** Relatório técnico. Recife: IDRC-UFPE/FADE, 1998. 126p. il.

COSTA, W. D. et al. Evolução da potenciometria dos aqüíferos na região Metropolitana do Recife. *In*: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 3, 1998, Recife. ***Anais.*** Recife: ABAS, 1998. 228p. il.

COSTA FILHO, W. D. ***Estudo hidroquímico nos Aqüíferos da Planície do Recife***. Recife, 1997. 225p. il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, 1997.

CUSTODIO, Emilio. Progressiva degradación de la cantidad y calidad de los recursos de agua em el sistema acuifero del Bajo Llobregat. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, 1992, Belo Horizonte. ***Anais***. Belo Horizonte: ABAS, 1992. 245p. il. p.18 - 48.

Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE. ***Glossário de termos hidrológicos***. Brasília, 1983. 291p.

Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. ***Código de mineração e legislação correlativa.*** Brasília: DFPM, 1987. 333p.

Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. ***Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife***. Recife: SUDENE, 1978. 177p. il.

DIAS, Gabriela. Chuvas racham casas nos morros. ***Folha de Pernambuco***, Recife, 11 ago. 1998. Grande Recife, p.3.

FOSTER, S.; HIRATA, R. C.; ROCHA, G. A. Riscos de poluição das águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, 1988, São Paulo. ***Anais***. São Paulo: ABAS. 1988. 282p. p.175-185.

FUNCEME. O que é o El-niño? (On line). Fortaleza, 1998. [Citado em 29/11/1998]. Disponível em: http://www.funceme.br/pes/monit/elnino/oque.html.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE – FIDEM. ***Mapeamento temático da cobertura vegetal.*** Recife, 1979.

FUNDAÇÃO IBGE. ***Censo demográfico de Pernambuco – 1950/1970:*** sinopse preliminar do censo demográfico de Pernambuco – 1980. Rio de Janeiro, 1980.

FUNDAÇÃO IBGE. ***Censo demográfico***: dados gerais – migração – instrução - fecundidade – mortalidade. Pernambuco. Rio de Janeiro, 1983. 35p.

FUNDAÇÃO IBGE. ***Censo demográfico 1991***: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 1992. 95p.

FUNDAÇÃO IBGE. Cidades@. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/cidadesat/index2.htm.

FUNDAÇÃO INSTITUTO TECNOLÓGICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO – ITEP. ***Indústria do álcool no Nordeste.*** 2a ed. Recife: SUDENE, 1982. 153p.

GUSMÃO FILHO, Jaime de. Risco geológico no Recife. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 10, 1993, Poços de Caldas. ***Anais***. São Paulo: ABGE, 1993. 3v. il. v.3 p.41.

LEAL, Antonio de Souza. ***Mapas hidrogeológicos; definição e legenda***. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: CPRM, 1996. "não paginado".

LEAL, Onofre. ***Vulnerabilidade das águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife.*** Recife: CPRM/FIDEM, 1994. 27p. (Série Recursos Hídricos, 2).

LIMA, L. M. Q. ***Tratamento de lixo***. São Paulo: Editora Hemus, s.d.

LIMA FILHO, M. F. de ***Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco***. São Paulo, 1997. 139p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1997.

MARTINS, M. M. de A. et al. Geologia quaternária costeira da região de Nossa Senhora do Ó – Ipojuca – Pernambuco. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. ***Atas.*** Recife: SBG, 1991. 383p. il. (Boletim, 12) p.329.

MENTE, A.; LEAL, O.; MIRANDA, J. L. F. ***Os aterros sanitários e a poluição das águas subterrâneas.*** Recife: CPRM/FIDEM, 1994. 23p. (Série Recursos Hídricos, 1).

MIRANDA, J. L. F. de ***Estudo do meio físico do município de Ipojuca PE - Hidrologia***. Recife: CPRM, 1997. (em editoração).

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. ENOS e o clima no Brasil. ***Ciência Hoje***, v.10, n. 58, p. 22 - 29, out. 1989.

NOBRE, P. A. (on-line) A variabilidade interanual do Atlântico tropical e sua influência no clima da América do Sul. São Paulo: CPTEC/INPE, 1999. [Citado em 22/04/99]. Disponível em http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/clmsepn.html.

NOVELINO, Ricardo. Consórcio é a saída mais barata para municípios. Jornal do Commercio, 28 jul. 2001. A questão metropolitana, Cidades, p. 6.

OLIVEIRA, R. G. de ***Levantamento gravimétrico da área sedimentar da Região Metropolitana do Recife.*** Recife: CPRM, 1994. 38p. (Série Cartografia Temática, 2).

PACHECO, Alberto et al. Os perímetros de proteção sanitária em cemitérios e sua importância para as águas subterrâneas de abastecimento. Estudo preliminar. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, 1992, Belo Horizonte. ***Anais***. Belo Horizonte: ABAS, 1992. 245p. il. p.119 – 122.

PEIXINHO, F. C.; LEAL, M. S. Impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos. ***A Água em revista***. Belo Horizonte: CPRM, p.36, maio, 1996. Suplemento das Águas

PEREIRA, Paulo Poggi. Recife controle das inundações. ***Saneamento***, Rio de Janeiro, v. 50, n. 3, p. 168 – 177, jul./set. 1976

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. ***Aspectos ambientais da lavra de areia na região produtora do Rio São João***. Rio de Janeiro, 1994. 85p. Tese (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. ***Carta geotécnica e de suscetibilidade a processos geológicos do município de Ipojuca / Pernambuco.*** Recife: CPRM/FIDEM, 1998. 12p. il.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. Mapa de indicadores geotécnicos do município de Jaboatão dos Guararapes. Escala 1:50.000. In: ASSUNÇÃO, Paulo Roberto de S. et al. ***Atlas do meio físico do município de Jaboatão dos Guararapes.*** Recife: CPRM, 1997. 26p. il.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE (On Line). Secretária de Planejamento. Recife, 1998. (Datado em 30.10.98). p.3. Saneamento Básico. Disponível em: http://www.emprel.gov.br/ emprel/gestão1/secplan.htm

PROBLEMAS no córrego do Boleiro assustam moradores. ***Folha de Pernambuco***, Recife, 8 jul. 1998. Grande Recife, p.7.

PROJETO Pirata. (On line). França: IRD, 1999. Atualizado: 15/03/1999. [Citado em 26/04/1999]. Disponível em: http://www.ifremer.fr/orstom/pirata/piratabr.html

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Impactos ambientais nas águas subterrâneas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, 1992, Belo Horizonte. ***Anais***. Belo Horizonte: ABAS, 1992. 245p. il. p. 11 - 17.

Resolução CONAMA, n° 20, de 18 de junho de 1986. ***Estabelece a Resolução CONAMA n. 003, de 5 de junho de 1984***. Diário Oficial da (República de Federativa do Brasil).

SCUDINO, Paulo Cyro B. Avaliação hidrogeológica em área de disposição de resíduos sólidos com riscos de poluição de aqüiferos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, 1992, Belo Horizonte. ***Anais***. Belo Horizonte: ABAS, 1992. 245p. il. p. 128 – 134.

SOUZA JÚNIOR, Luís Carlos de. ***A mineração na Região Metropolitana do Recife***. Recife: CPRM/FIDEM, 1994. 105p. il. (Série Recursos Minerais, 4).

SPIEGEL, Murray Ralph. ***Estatística.*** Trad. Carlos Augusto Crusins. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985. 454p.

SUDENE. ***Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, Folha n° 16, Paraíba – SO.*** Recife, 1978. 167p. il. (Brasil SUDENE. Hidrogeologia, 53).

SUDENE. ***Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, Folha n° 21, Recife – NO***. Recife. SUDENE 1978. 184p. il. (Brasil SUDENE. Hidrogeologia, 54).

SUDENE.; BRASIL DNOCS. *Programa especial para controle das enchentes no Recife – Estado de Pernambuco*. Recife, 1975. 1v. p.7-11: ***Plano básico de proteção do grande Recife da ocorrência de enchentes.***

TUBELIS, Antonio; NASCIMENTO, Fernando J. L. do. ***Meteorologia descritiva.*** Fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Mobel, 1980. 374p.

TUCCI, Carlos E. M. Alguns desafios brasileiros em recursos hídricos e meio ambiente – Parte 2. **A *água em revista***, v.4, n.7, p. 15 – 21, maio 1996.

TUCCI, Carlos E. M.; KREBS, A. S. J. ***Zoneamento de áreas inundáveis***. Porto Alegre : CPRM, 1986. 123p.

VIDAL, C. L. R. Gestão de aqüíferos - generalidades. ***A água em revista***, v.5, n.9, p.10 - 13, nov. 1997.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. ***Hidrologia aplicada***. São Paulo: McGraw - Hill do Brasil, 1975. 245p. il.

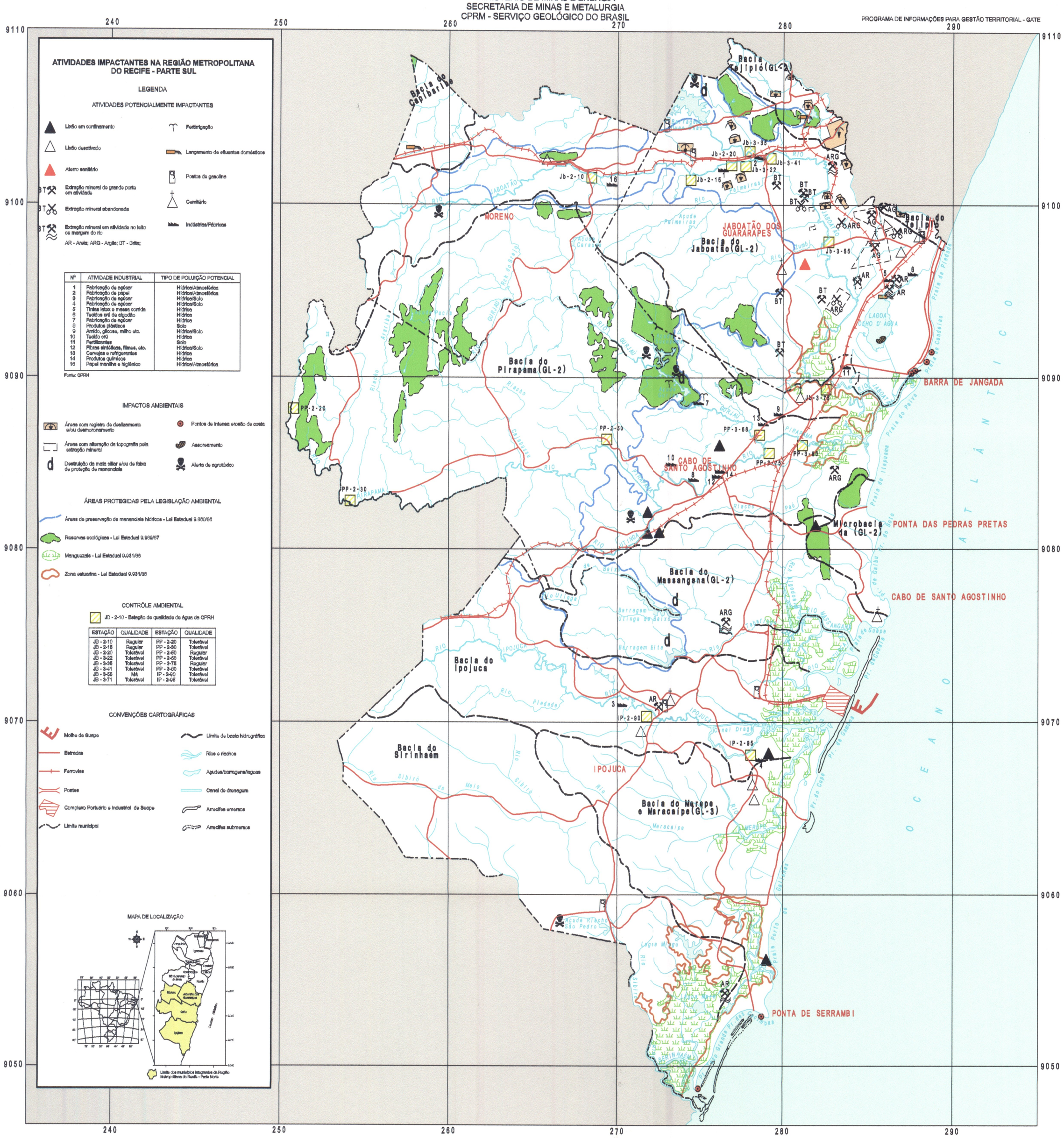
VOLTA do Proálcool ainda depende da União. ***Jornal do Comércio***, Recife, 6 set. 1998. Economia, p.3.

ZAWADA, Peher K. Paleoflood hydrology in South Africa. ***Geotimes,*** v. 42, nº. 6, p. 24-28, jun. 1997.

Anexos

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

PROGRAMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL - GATE



Nº	ATIVIDADE INDUSTRIAL	TIPO DE POLUIÇÃO POTENCIAL
1	Fabricação de açúcar	Hídrica/Atmosférica
2	Fabricação de papel	Hídrica/Atmosférica
3	Fabricação de açúcar	Hídrica/Solo
4	Fabricação de açúcar	Hídrica/Solo
5	Tintas latex e massa corrida	Hídrica
6	Tecidos crú de algodão	Hídrica
7	Fabricação de açúcar	Hídrica
8	Produtos plásticos	Solo
9	Amido, glicose, milho etc.	Hídrica/Solo
10	Tecido crú	Hídrica
11	Fertilizantes	Solo
12	Fibras sintéticas, filmes, etc.	Hídrica/Solo
13	Cervejas e refrigerantes	Hídrica
14	Produtos químicos	Hídrica
16	Papel manilha e higiênico	Hídrica/Atmosférica

Fonte: CPRH

ESTAÇÃO	QUALIDADE	ESTAÇÃO	QUALIDADE
JB - 2-10	Regular	PP - 2-20	Tolerável
JB - 2-15	Regular	PP - 2-30	Tolerável
JB - 2-20	Tolerável	PP - 2-50	Regular
JB - 3-22	Tolerável	PP - 2-65	Tolerável
JB - 3-35	Tolerável	PP - 3-75	Regular
JB - 3-41	Tolerável	PP - 3-80	Tolerável
JB - 3-55	Má	IP - 2-90	Tolerável
JB - 3-71	Tolerável	IP - 2-95	Tolerável

O Programa de Informações para Gestão Territorial - GATE é desenvolvido pela - CPRM - Serviço Geológico do Brasil através da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT.
Coordenação do Departamento de Gestão Territorial - DEGET.
Supervisão da Divisão de Gestão Territorial - DIGATE.
Mapa executado pela Superintendência Regional do Recife.

Diretor da DHT: Thales de Queiroz Sampaio
Chefe do DEGET: Cássio Roberto da Silva
Chefe da DIGATE: Regina Célia Gimenez Armesto

FONTES:

CONTÉCNICA, 1997 - Estudos de Consolidação de Diagnóstico sobre a Qualidade das Águas, Relativos a Preparação do Programa de Investimentos nas Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca. Disponibilidade e Situação dos Mananciais para o Abastecimento Metropolitano.

DNPM, 1995 - Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife.

Base cartográfica elaborada a partir do arquivo digital da Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, FIDEM - (1997).

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - PROJETO SINGRE II

ESCALA 1 : 200.000

0 1 2 3 4 5 km

1999

SUPERINTENDENTE REGIONAL DO RECIFE
Marcelo Soares Bezerra

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Enjólras de A. Medeiros Lima

SUPERVISÃO E COORDENAÇÃO TÉCNICA
Hortuncia Maria Barbosa de Assis

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL
Carlos Eugênio de Silveira Arraes
Hortencia Maria Barbosa de Assis
Jorge Luiz Fortunato de Miranda
Pedro Augusto dos S. Pfeitzgraff
Waldir Duarte Costa Filho

COLABORADOR
José Ronaldo Rosa Barros

COORDENAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO
Paulo Roberto Assunção

DIGITALIZAÇÃO
Francisco de Assis Batista de Moraes

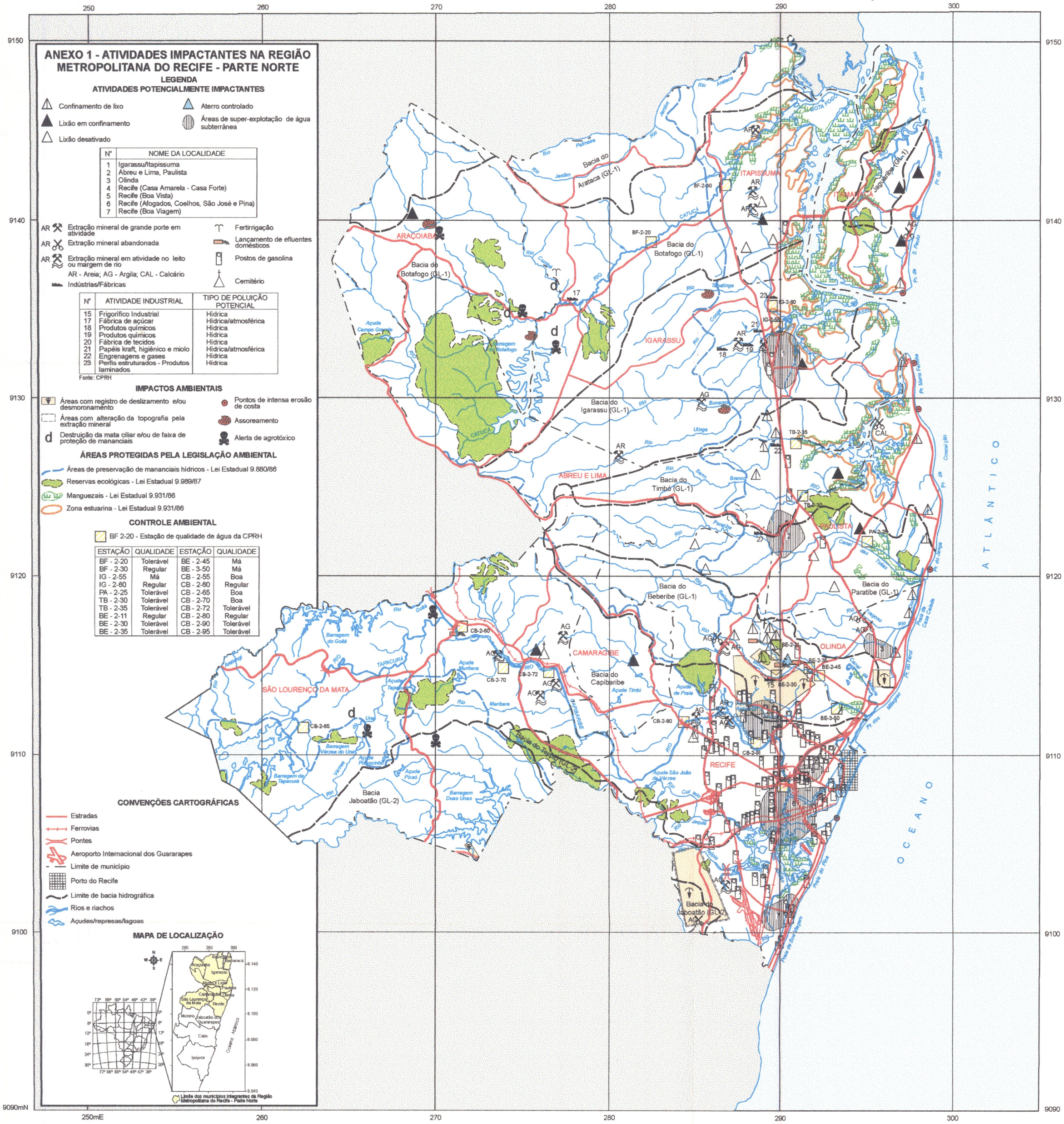
TRATAMENTO DIGITAL DA LEGENDA
Alan Dionisio de Barros

ANEXO 2

CPRM
Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

PROGRAMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL - GATE



Nº	NOME DA LOCALIDADE
1	Igarassu/Itapissuma
2	Abreu e Lima, Paulista
3	Olinda
4	Recife (Casa Amarela - Casa Forte)
5	Recife (Boa Vista)
6	Recife (Afogados, Coelhos, São José e Pina)
7	Recife (Boa Viagem)

Nº	ATIVIDADE INDUSTRIAL	TIPO DE POLUIÇÃO POTENCIAL
15	Frigorífico Industrial	Hídrica
17	Fábrica de açúcar	Hídrica/atmosférica
18	Produtos químicos	Hídrica
19	Produtos químicos	Hídrica
20	Fábrica de tecidos	Hídrica
21	Papéis kraft, higiênico e miolo	Hídrica/atmosférica
22	Engrenagens e gases	Hídrica
23	Perfis estruturados - Produtos laminados	Hídrica

Fonte: CPRH

ESTAÇÃO	QUALIDADE	ESTAÇÃO	QUALIDADE
BF - 2-20	Tolerável	BE - 2-45	Má
BF - 2-30	Regular	BE - 3-50	Má
IG - 2-55	Má	CB - 2-55	Boa
IG - 2-60	Regular	CB - 2-60	Regular
PA - 2-25	Tolerável	CB - 2-65	Boa
TB - 2-30	Tolerável	CB - 2-70	Boa
TB - 2-35	Tolerável	CB - 2-72	Tolerável
BE - 2-11	Regular	CB - 2-80	Regular
BE - 2-30	Tolerável	CB - 2-90	Tolerável
BE - 2-35	Tolerável	CB - 2-95	Tolerável

O Programa de Informações para Gestão Territorial - GATE é desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil através da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT.
Coordenação do Departamento de Gestão Territorial - DEGET.
Supervisão da Divisão de Gestão Territorial - DIGATE.
Mapa executado pela Superintendência Regional do Recife.

Diretor da DHT: Thales de Queiroz Sampaio
Chefe do DEGET: Cássio Roberto da Silva
Chefe da DIGATE: Regina Célia Gimenez Armesto

FONTES:

CONTÉCNICA, 1997 - Estudos de Consolidação de Diagnóstico sobre a Qualidade das Águas, Relativos a Preparação do Programa de Investimentos nas Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca. Disponibilidade e Situação dos Mananciais para o Abastecimento Metropolitano.

DNPM, 1995 - Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife.

Base cartográfica elaborada a partir de arquivo digital da Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, FIDEM - (1997).

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - PROJETO SINGRE II

ESCALA GRÁFICA
0 1 2 3 4 5 km

2001

SUPERINTENDENTE REGIONAL DO RECIFE
Marcelo Soares Bezerra

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Enjôlras de A. Medeiros Lima

SUPERVISÃO E COORDENAÇÃO TÉCNICA
Hortencia Maria Barboza de Assis

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL
Carlos Eugênio da Silveira Arraes
Hortencia Maria Barboza de Assis
Jorge Luiz Fortunato de Miranda
Pedro Augusto dos S. Pfaltzgraff
Waldir Duarte Costa Filho

COLABORADOR
José Ronaldo Rosa Barros

COORDENAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO
Paulo Roberto Assunção

DIGITALIZAÇÃO
Francisco de Assis Batista de Moraes

TRATAMENTO DIGITAL DA LEGENDA
Alan Dionísio de Barros
Ana Paula Rangel Jacques

ANEXO 1

CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sede
SGAN Quadra 603 - Conjunto "J" - Parte A - 1° andar
CEP: 70830-030 - Brasília - DF
Telefones: (61)312-5252 - (61)223-5253 (PABX)
Fax: (61)225-3985

Escritório Rio de Janeiro
Av. Pasteur, 404 - Urca - CEP: 22292.040
Rio de Janeiro - RJ
Telefones: (21)295-5337 - (21)295-0032 (PABX)
Fax: (21)295-6347

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial
Telefone: (21)295-5804
Fax: (21)295-5804
E-Mail: thales@cristal.cprm.gov.br

Departamento de Gestão Territorial
Telefone: (21)222-956147
Fax: (21)222-955804
E-Mail: cassio@cristal.cprm.gov.br

Diretoria de Relações Institucionais
e Desenvolvimento
Telefone: (21)295-5837
Fax: (21)295-5947
E-mail: pdias@cristal.cprm.gov.br

Divisão de Documentação Técnica
Telefones: (21)295-5997
Fax: (21)295-5897
E-Mail: seus@cristal.cprm.gov.br

Superintendência Regional de Belém
Av. Dr. Freitas, 3645 – Marco
CEP: 66095-110 - Belém - PA
Telefones: (91)226-0016 - (91)246-8577 (PABX)
Fax: (91)246-4020
E-Mail: cprmbe@cprmbe.gov.br

Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil, 1731 – Funcionários
CEP: 30140-002 - Belo Horizonte - MG
Telefones: (331)261-3037 - (331)261-5977 (PABX)
Fax: (331)261-5585
E-Mail: cprmbh@estaminas.com.br

Superintendência Regional de Goiânia
Rua 148, 485 - Setor Marista
CEP: 74170-110 - Goiânia - GO
Telefones: (62)281-1342 - (62)281-1522 (PABX)
Fax: (62)281-1709
E-mail: cprmgo@zaz.com.br

Superintendência Regional de Manaus
Av. André Araújo, 2160 - Aleixo
CEP: 69065-001 - Manaus - AM
Telefones: (92)663-5533 - (92)663-5640 (PABX)
Fax: (92)663-5531
E-Mail: suregma@internext.com.br

Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
CEP: 90840-030 - Porto Alegre - RS
Telefones: (51)3233-4643 - (51)3233-7311(PABX)
Fax: (51)3233-7772
E-Mail: cprm_pa@portoweb.com.br

Superintendência Regional do Recife
Rua das Pernambucanas, 297 – Graças
CEP: 52011- 010 - Recife - PE
Telefone: (81)3221-7456 (PABX)
Fax: (81)3221-7645
E-Mail: cprm@fisepe.pe.gov.br

Superintendência Regional de Salvador
Av. Ulisses Guimarães, 2862
Centro Administrativo da Bahia
CEP: 41213.000 - Salvador - BA
Telefones: (71)230-0025 - (71)230-9977 (PABX)
Fax: (71)371-4005
E-Mail: cprmsa@cprmba.gov.br

Superintendência Regional de São Paulo
Rua Barata Ribeiro, 357 - Bela Vista
CEP:01308-000 - São Paulo - SP
Telefone: (11)3333-4721 - (11)3333-4712
E-Mail: cprmsp@uninet.com.br

Residência de Fortaleza
Av. Santos Dumont, 7700 - 4° andar - Papicu
CEP: 60150-163 - Fortaleza - CE
Telefones: (85)265-1726 - (85)265-1288 (PABX)
Fax: (85)265-2212
E-Mail: refort@secrel.com.br

Residência de Porto Velho
Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques
CEP: 78904-300 - Porto Velho - RO
Telefones: (69)223-3165 - (69)223-3544 (PABX)
Fax: (69)221-5435
E-Mail: cprmrepo@enter-net.com.br

Residência de Teresina
Rua Goiás, 312 - Sul - CEP: 64001-570 - Teresina - PI
Telefones: (86)222-6963 - (86)222-4153 (PABX)
Fax: (86)222-6651
E-Mail: cprmrest@enter-net.com.br

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - http://www.cprm.gov.br