

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Alexandre Vasconcelos Gomes Lopes  
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS, AMBIENTAIS E JURÍDICOS COMO  
FERRAMENTA PARA USO E PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA  
REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Tese de Doutorado

2012

ALEXANDRE VASCONCELOS GOMES LOPES

Geologia – Universidade Federal de Pernambuco

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS, AMBIENTAIS E JURÍDICOS COMO  
FERRAMENTA PARA USO E PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA  
REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Tese que apresenta ao Programa de Pós-Graduação de Geociências do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Almany Costa Santos, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Geociências.

RECIFE – PE

2012

Catálogo na fonte  
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

L864a Lopes, Alexandre Vasconcelos Gomes.  
Aspectos hidrogeológicos ambientais e jurídicos como ferramenta para uso e proteção das águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife / Alexandre Vasconcelos Gomes Lopes – Recife: O Autor, 2012.  
276f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Almany Costa Santos.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2012.  
Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Geociências. 2. Hidrogeologia. 3. Água Subterrânea.  
4. Vulnerabilidade. 5. Contaminação I. Santos, Almany Costa  
(Orientador). II. Título.

551 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2012 / 231

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 28 de junho de 2012

---

Profº Dr. Almany Costa Santos – UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

---

Profº Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

---

Profº Dr. Virgínio Henrique Neumann – UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

---

Profº Dr. Luís Rogério Bastos Leal – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

UFBA – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

---

Profº Dr. Waldir Duarte Costa – COSTA CONSULTORIA

“O SOFRIMENTO É PASSAGEIRO, DESISTIR É PARA SEMPRE...”

(AUTOR DESCONHECIDO)

ÀS DUAS GRANDES MULHERES DA MINHA VIDA: NOSSA SENHORA  
E MINHA MÃE TEREZA.

## AGRADECIMENTOS:

A Deus e Nossa Senhora, pelo dom da vida;

A Coordenação do Curso de Pós Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco;

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – pela cessão do mapa geológico inédito da Região Metropolitana do Recife;

A Companhia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH - na pessoa do Sr. Marcos Lacerda, pelas importantes informações fornecidas;

Ao Prof. Dr. Almany Costa Santos, amigo e orientador, pela paciência e dedicação dispensadas;

Ao Prof. Dr. Waldir Duarte Costa, um dos maiores baluartes da Hidrogeologia Nacional, professor na graduação, integrante da minha banca quando da defesa da dissertação de mestrado, e acima de tudo um grande amigo, pelas inestimáveis orientações.

Ao Prof. Dr. Virgínio Henrique Neumann, colega na graduação e amigo, pelas inestimáveis orientações;

Ao Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral pelas inestimáveis orientações;

Ao Prof. Dr. Waldir do Amaral Manso, pelo uso das dependências do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal de Pernambuco;

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Sérgio Pacheco sempre sério honesto e justo;

Ao grande geólogo, grande alvirrubro e grande amigo Manoel Júlio Trindade Correia Galvão, pela inestimável e impagável ajuda na confecção de todos os mapas. Quisera Deus que eu um dia possa retribuir tanta generosidade;

Ao geólogo e amigo Alexandre Borba pelas importantes informações repassadas;

Ao grande geógrafo e grande amigo Thiago Lopes, pela inestimável e impagável ajuda na digitação desse trabalho. Quisera Deus que eu um dia possa retribuir tanta generosidade;

À minha irmã Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Alice, pelos incentivos para a conclusão deste trabalho;

À minha namorada Cassandra Gomes Ferreira, pela paciência nos momentos de atribulações que ocorreram durante a confecção deste trabalho;

Aos amigos e funcionários da secretária da Pós Graduação em Geociências, Igor e Elizabeth, pelos incentivos e colaboração durante o percurso para o término das etapas deste trabalho;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a confecção desta tese.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Localização da Área.....	3
1.2.Objetivos.....	3
1.3.Trabalhos Anteriores.....	4
2 – POSTULADO TEÓRICO.....	9
2.1. Hipótese.....	9
2.2. Tese.....	9
3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4 – FISIOGRAFIA E ASPECTOS SÓCIO ECONÔMICOS.....	13
4.1.Clima.....	13
4.2. Geomorfologia da Região Metropolitana do Recife.....	13
4.3. Solos e Vegetação.....	14
4.4. Hidrografia.....	15
4.5. O Crescimento Demográfico da Região.....	15
4.6 Demanda Hídrica Atual.....	16
5 – GEOLOGIA.....	18
5.1 . Bacia Sedimentar Paraíba.....	19
5.1.1.Formação Beberibe.....	21
5.1.2. Formação Itamaracá.....	24
5.1.3. Formação Gramame.....	25
5.1.4. Formação Maria Farinha.....	26
5.1.5. Formação Barreiras.....	26
5.1.6. Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos.....	26
5.2 – Bacia Vulcano Sedimentar Pernambuco.....	26
5.2.1. Formação Cabo.....	27
5.2.2. Formação Estivas.....	28
5.2.3. Suíte Ipojuca.....	28
5.2.4. Formação Algoduais.....	28
5.2.5. Formação Barreiras.....	29
5.3 . Diferenciação entre a Bacia Pernambuco e a Bacia Paraíba.....	29
5.4. A Planície do Recife.....	30
5.5. Coberturas Inconsolidadas.....	31
5.6. Embasamento Cristalino.....	31

6 - CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.....	33
6.1. Domínio Hidrogeológico da Planície do Recife.....	34
6.1.1. Aquífero Boa Viagem.....	38
6.1.2. Aquífero Itamaracá.....	42
6.1.3. Aquífero Beberibe.....	42
6.1.4. Aquífero Cabo.....	44
6.2. Domínio Hidrogeológico da Bacia Paraíba.....	45
6.2.1. Aquífero dos Sedimentos Diversos.....	47
6.2.2. Aquífero Barreiras.....	48
6.2.3. Aquífero Itamaracá.....	48
6.2.4. Aquífero Beberibe.....	48
6.3. Domínio Hidrogeológico da Bacia Pernambuco.....	49
6.3.1. Aquífero dos Sedimentos Diversos.....	50
6.3.2. Aquífero Barreiras.....	51
6.3.3. Aquífero Algodóais.....	51
6.3.4. Aquífero Cabo.....	51
6.4. Domínio do Embasamento Cristalino .....	52
7 - O MEIO AMBIENTE.....	54
7.1. A Preocupação Ambiental no Brasil.....	54
7.2. Recursos Ambientais: Poluição e Degradação.....	57
7.3. Proteção Ambiental.....	58
7.3.1. Conservação.....	58
7.3.2. Preservação.....	58
7.3.3. Poluição do Solo .....	59
7.3.4. Poluição da Água.....	59
7.4. Meio Ambiente e Desenvolvimento Sócio Econômico.....	60
7.5. Política Nacional do Meio Ambiente.....	61
7.5.1. Princípios da Política Nacional do Meio Ambiente.....	62
7.5.2. Cidadania, Educação e Proteção Ambiental.....	64
7.5.3. Dos Objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente.....	65
7.5.4. Do Sistema Nacional do Meio Ambiente.....	66
7.5.5. Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.....	67
7.5.6. O Licenciamento Ambiental.....	67
7.5.7. Zoneamento Ambiental.....	69
7.5.8. A Responsabilidade por Dano Ambiental.....	70
7.5.8.1. Lei dos Crimes Ambientais –Lei 9605/98.....	70

7.5.8.2. A Responsabilidade Civil.....	71
7.5.8 3. A Responsabilidade Administrativa.....	72
7.6. Passivo Ambiental.....	73
7.7. A Reserva Legal e a Área de Preservação Permanente.....	74
7.8. Lei das Unidades de Conservação – Lei 9985/2000.....	75
8 - CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	76
8.1. Revisão dos Principais Marcos Institucionais.....	76
8.2. Diretrizes Gerais Ambientais para o Enquadramento das Águas Subterrâneas.....	78
8.3.Enquadramento da Águas Subterrâneas dos Aquíferos Beberibe e Cabo.....	79
9 - POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	85
9.1. Área Contaminada.....	85
9.2. Diferentes Tipos de Contaminantes das Águas Subterrâneas.....	87
9.3. Principais Contaminantes das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife.....	94
10 – VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS.....	96
10.1. Avaliação da Vulnerabilidade de um Aquífero.....	99
10.1.1. Método God.....	99
10.2. Vulnerabilidade Natural do Aquífero Beberibe na Região Norte da Região Metropolitana do Recife.....	101
10.2.1.Vulnerabilidade Extrema.....	101
10.2.2. Vulnerabilidade Alta.....	101
10.2.3. Vulnerabilidade Variável.....	101
10.2.4. Vulnerabilidade Baixa.....	102
10.2.5. Vulnerabilidade Desprezível.....	102
10.3. Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas na Região Sul da Região Metropolitana do Recife.....	105
10.3.1. Vulnerabilidade Alta.....	105
10.3.2. Vulnerabilidade Variável.....	105
10.3.3. Vulnerabilidade Baixa.....	105
10.3.4 Vulnerabilidade Desprezível.....	106
10.4 Caracterização da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Boa Viagem - Método GOD.....	108
10.4.1. Vulnerabilidade Baixa.....	108
10.4.2. Vulnerabilidade Moderada.....	108
10.4.3. Vulnerabilidade Elevada.....	108

10.4.4. Vulnertabilidade Extrema.....	108
10.5. Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas dos Aquíferos Beberibe e Cabo na RMR.....	113
10.5.1. Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Aquífero Beberibe.....	113
10.5.1.1. Vulnerabilidade Extrema.....	113
10.5.1.2 . Vulnerabilidade Alta.....	114
10.5.1.3. Vulnerabilidade Moderada.....	114
10.5.1.4 .Vulnerabilidade Baixa.....	114
10.5.1.5. Vulnerabilidade Desprezível.....	114
10.5. 2 . Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Aquífero Cabo.....	115
10.5.2.1. Vulnerabilidade Extrema.....	115
10.5.2.2 . Vulnerabilidade Alta.....	115
10.5.2.3. Vulnerabilidade Moderada.....	115
10.5.2.4 Vulnerabilidade Baixa.....	116
10.5.2.5. Vulnerabilidade Desprezível.....	116
11 - O DIREITO DAS ÁGUAS NO BRASIL.....	117
11.1. A Regulamentação Jurídica dos Recursos Hídricos.....	118
11.2. A Política Nacional dos Recursos Hídricos.....	119
11.2.1.Os fundamentos da PNRH.....	120
11.3. A Agência Nacional de Águas.....	122
11.4. Competências Constitucionais em Matéria Ambiental.....	124
11.4.1. Competência Exclusiva da União.....	124
11.4.2. Competência Privativa da União.....	124
11.4.3. Competência dos Estados.....	125
11.4.4. Competência Exclusiva dos Municípios.....	125
11.4.5. Competência Concorrentes.....	125
11.4.6. Competência Comum.....	126
11.5. Dominalidade.....	127
12 - PROCEDIMENTOS E LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS E DO BRASIL PARA O GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS.....	129
12.1. Estados Unidos da América.....	130
12.2. Holanda.....	132
12.3. Alemanha.....	133
12.4. Legislação Federal.....	135
12.5. Legislação do Estado de São Paulo.....	138
12.6. Legislação do Município de São Paulo.....	141
12.7. Monitoramento e proteção das águas subterrâneas.....	143

12.8. A Resolução nº 107 do CNRH.....	148
12.9. A Resolução nº 92 do CNRH.....	150
13 - POLÍTICA E GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO.....	153
13.1. A Lei nº11427 de 1997.....	154
13.1.1. Da Outorga Administrativa.....	155
13.1.2. Da Licença de Execução e Exploração.....	156
13.1.3. Da Gestão das Águas Subterrâneas e do Cadastramento dos Poços.....	158
13.1.4. Da Fiscalização e das Sansões.....	158
13.2. A Resolução 01/2010.....	161
13.3. A Resolução 01/2009.....	162
13.4. A Resolução 10/2009.....	163
13.5. A Resolução 01/2001.....	165
14 - A RECARGA DE AQUÍFERO.....	167
14.1. A Situação da Região Metropolitana do Recife.....	167
14.2. A Recarga Artificial de Aquífero.....	173
14.2.1. A Recarga Através de Poços Profundos.....	177
14.3. Execução de um Projeto de Recarga.....	181
14.4. Projeto Piloto de Recarga Artificial Realizado na Planície do Recife.....	183
14.4.1 Montagem do Experimento de Recarga.....	186
14.4.2. Sistema Injetor.....	187
14.4.3. Observações Obtidas a Partir dos Ensaios.....	188
14.4.4. Instalação das Estações Telemétricas.....	189
15 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	191
16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - TABELAS COM AS FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA RMR.....	213
ANEXO II – TABELAS DOS POÇOS DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO COM ENQUADRAMENTO EM CLASSES DE SUAS ÁGUAS.....	229
ANEXO III – TABELA DE CÁLCULO DA VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO PELO MÉTODO GOD.....	241
ANEXO IV- .....	254
MAPA GEOLÓGICO	
MAPA DE CARGAS CONTAMINANTES	
MAPA DE VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO	
MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO	

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de Localização da área do trabalho.....	03
Figura 4.1 - Evolução do crescimento populacional da RMR.....	16
Figura 4.2 – Previsão de crescimento da população e da demanda de água no setor norte da RMR até o ano 2050.....	17
Figura 5.1 – Bloco diagrama das Bacias Sedimentares Costeiras Paraíba e Pernambuco.....	18
Figura 5.2 - Corte aproximadamente E-W na região de Paulista (Sub-bacia Olinda)..	21
Figura 5.3 - Poço estratigráfico 2 IST-1-PE (Itamaracá – PE.), da Bacia Sedimentar Paraíba.....	22
Figura 5.4 – Mapa geológico da Bacia Pernambuco.....	27
Figura 5.5 – Localização da faixa costeira que abrange as Bacias de Pernambuco e da Paraíba.....	30
Figura 6.1 – Mapa hidrogeológico do domínio da Planície do Recife.....	36
Figura 6.2 – Mapa de nível estático do Aquífero Boa Viagem na região do município do Recife.....	39
Figura 9.1 - Fluxo do soluto nas zonas não saturada e saturada.....	91
Figura 9.2 - Processos de atenuação em subsuperfície.....	93
Figura 10.1 - Estimativa de risco de contaminação das águas subterrâneas.....	97
Figura 10.2 esquema de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos pelo método GOD.....	100
Figura 10.3 – Mapa de Vulnerabilidade do Aquífero Beberibe na porção norte da RMR.....	104
Figura 10.4 - Mapa de Vulnerabilidade das águas subterrâneas da região sul da RMR.....	107
Figura 10.5 - .Mapa de vulnerabilidade natural do aquífero Boa Viagem.....	109
figura 10.6 - Superposição das RPAs com o mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas do Aquífero Boa Viagem.....	112
Figura 12.1 - Ilustração gráfica das zonas em torno do poço a ser protegido.....	145
Figura 14.1 – Mapa do zoneamento explotável da RMR.....	170
Figura 14.2 - Comparação entre os mapas de nível estático (NE) dos Aquíferos Beberibe e Cabo nos períodos de 1988/92 e 1998/2002.....	172

Figura 14.3 – Mapa com as estações telemétricas instaladas pela CPRH.....	173
Figura 14.4 – Modalidades de recarga artificial.....	174
Figura 14.5 – Sistema SAT de auto-tratamento da água subterrânea.....	176
Figura 14.6 – Esquema proposto por Costa para recarga artificial dos aquíferos da região do Recife. ....	179
Figura 14.7 - Sistema de barreira hidráulica para “empurrar” a cunha salina de volta ao oceano, na cidade de Los Angeles.....	180
Figura 14.8 - Ampliação do mapa potenciométrico do Aquífero Cabo na Zona “A” de Boa Viagem.....	185

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Coluna Estratigráfica Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba.....	20
Tabela 6.1 - Características hidrogeológicas dos aquíferos da Planície do Recife.....	37
Tabela 6.2 - Parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos da Planície do Recife.....	37
Tabela 6.3 - Principais Características do Aquífero Boa Viagem.....	41
Tabela 6.4 - Principais Características do Aquífero Beberibe.....	43
Tabela 6.5 - Principais Características do Aquífero Cabo.....	45
Tabela 6.6 - Sequência dos Aquíferos do Domínio da Bacia Paraíba.....	46
Tabela 6.7 - Características Médias dos Poços Perfurados nos Aquíferos do Domínio da Bacia Paraíba.....	47
Tabela 6.8- Sequência dos Aquíferos do Domínio da Bacia Pernambuco.....	50
Tabela 8.1 - Padrão de Potabilidade.....	82
Tabela 8.2 - VMP e Limites de Quantificação dos Parâmetros Químicos.....	83
Tabela 9.1 - Classificação de fontes de contaminação de Águas Subterrâneas.....	89
Tabela 9.2 - Atividades humanas mais comuns que originam cargas contaminantes em aquíferos.....	90
Tabela 10.1 - Classes de vulnerabilidade do aquífero Boa Viagem para cada bairro do município do Recife.....	111
Tabela 10.2 - Matriz de Correlação entre a vulnerabilidade natural do Aquífero Beberibe e a carga contaminante para definição do risco à contaminação.....	115
Tabela 10.3 - Matriz de Correlação entre a vulnerabilidade natural do Aquífero Cabo e a carga contaminante para definição do risco à contaminação.....	116
Tabela 14.1 - Características da Zona A.....	171
Tabela 14.2 - Resumo dos resultados obtidos a partir dos ensaios de campo.....	189

## LISTA DAS SIGLAS

RMR - REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

DSE - DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

COMPESA - COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO  
GELÓLGICO DO BRASIL

SANER - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO RECIFE

GRH/UFPE - GRUPO DE RECURSOS HÍDRICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL E  
PERNAMBUCO

PDAA - PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA

ATEPE - ASSESSORIA TÉCNICA DE PERNAMBUCO

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ELETRICIDADE

CNUMAD - CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E  
DESENVOLVIMENTO

SISNAMA - SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

CNH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

SINREH - SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

MINTER - MINISTÉRIO DO INTERIOR

CTCQA - CÂMARA TÉCNICA DE CONTROLE E QUALIDADE AMBIENTAL

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CERCLA - COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL RESPONSE COMPENSATION AND VIABILITY ACT

SMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE

SAR - SUPERFUND AMENDMENTS AND REAUTHORIZATION

BTEX - BENZENO-TOLUENO-ETILBENZENO E XILENOS

USEPA - ENVIRONMENT PROTECTION AGENCIA THE STATES UNITED

PNRH - PLANO NACIONALD RECURSOS HÍDRICOS

UST - UNDERGRAOUND STORAGE TANKS

RCRA - REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

DAE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ESGOTOS

PMSP - PREFEITURA DO ESTADO DE SÃO PAULO

HIDROREC - ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO RECIFE

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

FNMA – FUNDAÇÃO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

SAT - SOIL AQUIFER TREATAMENT

ART - ANOTAÇÃO DE RESPOMSABILIDADE TÉCNICA

Art - ARTIGO

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

LP - LINEAMENTO PERNAMBUCO

EIA - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

RIMA - RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CF - CONSTITUIÇÃO FEDERAL

IDRC - INTERNACIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTER DO CANADÁ

## RESUMO

A área pesquisada está localizada na Região Metropolitana do Recife (RMR), inserida nas Bacias sedimentares de Pernambuco e da Paraíba, que possuem os melhores sistemas aquíferos do estado de Pernambuco, onde se situam as maiores reservas de água subterrânea. Nesta tese abordamos os aspectos geohidroambientais, jurídicos e institucionais relacionados aos recursos hídricos subterrâneos da RMR, como subsídio para uma metodologia mais clara e atuante na gestão ambiental desses recursos, entendidos como uma ferramenta básica para o uso e proteção das águas subterrâneas. O aproveitamento das águas subterrâneas em grande quantidade para abastecimento de cidades e a sua preservação ambiental é relativamente recente, o que justifica de certa forma a não existência de uma estrutura legal e institucional satisfatória para os recursos hídricos subterrâneos no Brasil. O objetivo principal desta pesquisa foi à caracterização ambiental, geológica e jurídica como ferramenta para uso e proteção dos recursos hídricos da RMR, mais precisamente dos Aquíferos Beberibe e Cabo. Destacam-se como objetivos secundários da pesquisa, a indicação das áreas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, a caracterização do estado atual e potencial da área do projeto, quanto ao grau de vulnerabilidade e riscos de contaminação dos principais reservatórios de água subterrânea frente aos diversos fatores ambientais, geológicos, jurídicos e fontes potenciais de contaminação. Com a finalidade de melhor visualizar o quadro legal, buscou-se uma aproximação à legislação federal e a estadual do estado de Pernambuco, relacionada com o aspecto ambiental e de gestão de recursos hídricos subterrâneos, a partir do levantamento de leis, decretos, resoluções, documentos e trabalhos que tratam de forma direta ou indireta o tema em questão. Com o estudo multidisciplinar, procurou-se contribuir para a discussão sobre uma reformulação das políticas de gestão ambiental dos recursos hídricos subterrâneos, de forma a garantir sua aplicação e eficácia em qualquer de seus múltiplos usos, bem como, na preservação e proteção das águas subterrâneas. A preservação da qualidade da água é uma necessidade universal, que exige atenção por parte das autoridades sanitárias e consumidores em geral, particularmente no que se refere aos mananciais (poços e nascentes) destinados ao consumo humano. A contaminação ocorre devido à falta de saneamento (fator problemático da RMR), por efluentes contaminados que são despejados in natura nos cursos d'água ou no solo, contribuindo para insalubridade ambiental e proliferação de doenças infecciosas e parasitárias, em especial as de veiculação hídrica.

. O enquadramento das águas subterrâneas dos aquíferos Beberibe e Cabo, conjuntamente com o mapa de vulnerabilidade, permitirá estabelecer critérios de

outorga para um bom gerenciamento e proteção dos recursos hídricos subterrâneos existentes na RMR.

Palavras chaves: Hidrogeologia - Água Subterrânea - Vulnerabilidade - Contaminação

## ABSTRACT

Hidrological, environmental and legal aspects, as tools to use and protection of groundwater in the Metropolitan area of the Recife

The study area is located in the Region Metropolitan of Recife (RMR), inserted in the sedimentary basins of Pernambuco and the Paraíba, that possess the best water-bearing systems of the state of Pernambuco, where it points out the biggest underground water reserves. In this thesis we approach the geoenvironmental aspects, legal and institutional related to the underground water resources of the RMR, as subsidy for a clearer and operating methodology in the ambient management of these resources, understood as a basic tool for the use and protection of underground waters. The exploitation of underground waters in great amount for supplying of cities and its ambient preservation are relatively recent, what it justifies of certain forms not the existence of satisfactory a legal and institutional structure for the underground water resources in Brazil. The main objective of this research was the geologic environment and legal characterization as tool for use and protection of the water resources of the RMR. They are distinguished as objective secondary of the research, the landmark of areas of protection of the water resources, the characterization of the current and potential state of the area of the project how much to the degree of vulnerability and risks of contamination of the main underground water reservoirs front to the diverse ambient, geologic, legal factors and potential sources of contamination. With the purpose of better visualizing the picture legal, an approach to the federal legislation and the state one of the state of Pernambuco, related with the ambient aspect and of management of water resources from the survey of laws, decrees, documents and works searched that deal with direct or indirect form the subject in question. With the study to multidiscipline, was looked to contribute for the quarrel on a reformularization of the politics of ambient management of the underground water resources, of form to guarantee its application and effectiveness in any of its multiple uses, as well as, in the preservation and protection of underground waters. The preservation of the quality of the water is a universal necessity, which demands attention on the part of consuming the sanitary authorities and in general, particularly as for the sources (wells and springs) destined to the human consumption. The contamination occurs due to sanitation lack (problematic factor of the RMR), for effluent contaminated that is poured in nature in the courses of water or the ground, contributing for ambient insalubritrdted and proliferation of infectious and parasitic illnesses, in special of water propagation. The framing of the Cabo and Beberibe

underground waters, jointly with the vulnerability map, will allow to establish criteria of grant for a good management and protection of the existing underground water resources in the RMR.

KEY WORDS: Hidrogeology - Groundwater -Vulnerability - Contamination

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos no Brasil sempre foram tratados com descaso, principalmente com relação à legislação atual. A primeira lei sobre o tema, o Código de Águas, de 1934, priorizava a utilização dos rios brasileiros para a produção de energia elétrica, não valorizando os demais usos possíveis para a água. Em 1997, a Lei Federal nº 9.433 estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), onde consta o seguinte texto: “a bacia hidrográfica é a unidade para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Entre as inovações se destacam, as valorizações do uso múltiplo da água, tais como abastecimento e saneamento público, transporte e irrigação, bem como, o reconhecimento do valor econômico da água, e a adoção do conceito de bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos.

A bacia hidrográfica é uma referência natural apenas para as águas superficiais, não se relacionando com as águas subterrâneas, Isto porque esses mananciais estão armazenados no subsolo em aquíferos porosos, fissurais e castiços fissurais, relacionados a uma bacia hidrogeológica.

Quanto às águas subterrâneas serão sempre de domínio do Estado, haja vista que elas não se enquadram no inciso III do art. 20º. da Constituição Federal de 1988, uma vez que as mesmas não se constituem em correntes de água. Observa-se que toda a legislação de recursos hídricos no Brasil vem tratando a questão legal como se as águas subterrâneas não fizessem parte dos mesmos, não levando em conta as peculiaridades geológicas desse manancial.

Nos países como França, Inglaterra e Alemanha, a lei do uso da água se baseia no conceito de usuário-pagador, no qual se incluem todos os que utilizam recursos naturais para a produção industrial, sua comercialização e consumo. É o caso de empresas de abastecimento e de indústrias que trabalham com água no processo produtivo. Dentro deste conceito, existe a categoria de poluidor-pagador, na qual se enquadram os setores industriais e agrícolas que, além de captar a água, a devolvem para suas bacias em qualidade inferior à original.

Infelizmente a experiência da cobrança pelo uso da água no Brasil é pouco disseminada nos estados, onde todo mundo quer usar, mas ninguém quer pagar. O primeiro estado no Brasil a instituí-la foi o Ceará, que em 1998 adotou um modelo próprio, com taxação apenas sobre a captação e com um órgão centralizador na gestão dos recursos. Em 2003, o Rio de Janeiro aprovou legislação a respeito.

A cobrança pelo uso da água se constitui numa necessidade inerente ao órgão gestor estadual, visto que a água subterrânea é um bem do Estado e a ele cabe

cobrar pelo seu uso. A cobrança deve ser realizada para cobrir as despesas que o órgão terá na execução das diversas ações que lhe cabe para manter um bom serviço visando à preservação do manancial, tais como os estudos sobre as disponibilidades dos aquíferos, legislação específica, os problemas de contaminação, o cadastramento dos poços, o monitoramento qualitativo e quantitativo, a fiscalização, dentre outros.

Neste trabalho de pesquisa apresentaremos uma abordagem dos aspectos ambientais, geológicos e jurídicos relacionados aos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana do Recife, como subsídio para uma política mais clara e atuante na gestão desses recursos, entendidos como uma ferramenta básica para o uso e proteção desses mananciais.

## 1.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife (RMR) situa-se numa faixa de aproximadamente 80 Km de comprimento ao longo da costa do estado Pernambuco (Figura 1.1), localiza-se entre os paralelos 7° 40' 56" e 8° 38' 00" latitude sul e os meridianos 34° 49' 00" e 35° 15' 52" longitude oeste de Greenwich. Limita-se ao sul com o município de Sirinhaém; a leste, com o Oceano Atlântico e a oeste, com os municípios de Paudalho, Chã de Alegria, Tracunhaem, Vitória de Santo Antão e Escada. A RMR é formada pelos municípios de Ipojuca, Paulista, Jaboatão dos Guararapes, Goiana, Recife, Olinda, Igarassu Itapissuma, Itamaracá, Moreno, Camaragibe, Araçoiaba, Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho. Sua população segundo o último censo do IBGE (2011) é de 3.350.654 habitantes, equivalendo a 40% do total da população do estado de Pernambuco. Sua área perfaz um total de 2.751,454 Km<sup>2</sup>.

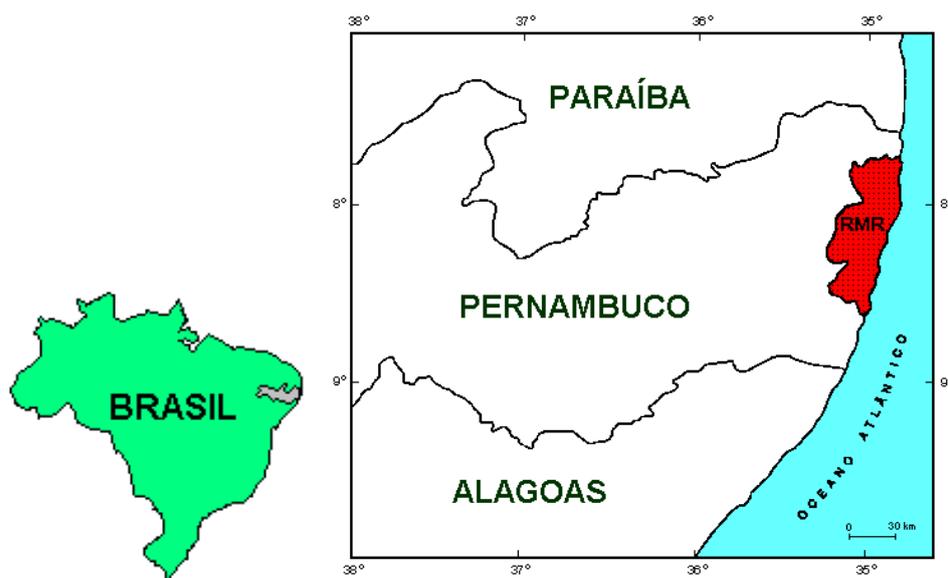


Figura 1.1 - Mapa de Localização da área do trabalho

## 1.2 – OBJETIVOS

Esta tese tem como objetivo principal a caracterização hidrogeológica, ambiental e jurídica como ferramenta para uso e proteção dos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana do Recife. Destacam-se ainda os seguintes objetivos da pesquisa:

- estabelecer ações para o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana de Recife;
- obter subsídios técnico-científicos necessários à proteção e manutenção dos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana do Recife;
- caracterizar o grau de vulnerabilidade dos aquíferos Beberibe e Cabo;
- Propor medidas de proteção embasada em aspectos técnicos e jurídicos, com fundamento em estudo ambiental, geológico e de direito ambiental, como também uma proposta de legislação aplicável para garantir a preservação dos aquíferos da Região Metropolitana do Recife:
- proposição de ações para o planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana do Recife.

### 1.3 - TRABALHOS ANTERIORES

O problema da super-exploração e salinização dos aquíferos na RMR há muito preocupa a comunidade técnico-científica, órgãos gestores e a população. O risco de intrusão marinha e salinização de alguns poços ocorrida desde a década de 70 incentivaram a realização de diversos estudos e pesquisas.

Rebouças (1966) publica trabalho no II Simpósio de Geologia do Nordeste intitulado “Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Aspectos Hidrogeológicos

Costa *et al.* (1968), elaboraram uma primeira avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos e das disponibilidades das reservas do aquífero Beberibe, com base num cadastro pioneiro de 192 poços, tubulares por ocasião da elaboração do estudo “Reconhecimento Geológico e Hidrogeológico do Recife e Municípios Adjacentes” como parte integrante do Planejamento do Sistema de Abastecimento d'água da Área Metropolitana do Recife, realizada pelo antigo Departamento de Saneamento do Estado de Pernambuco (DSE/SUDENE), tornando-se um marco na hidrogeologia local.

Na década de 70, realizou-se um estudo coordenado pelo prof. Emílio Custódio (Barcelona, Espanha), e na década de 80 por uma equipe da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) em parceria com pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco.

Em 1970, a SUDENE executou o Inventário Hidrogeológico do Nordeste – folha nº 16 – Paraíba, NE-Recife; abrangendo uma pequena parte da RMR.

Em dezembro de 1970, a Consultoria Técnica de Geologia e Engenharia Ltda. - CONTEGE, elaborou o estudo hidrogeológico do arenito Beberibe na área de Dois

Unidos município de Recife, tendo como finalidade a definição de uma bateria de poços para captação de 21.600 m<sup>3</sup>/dia para a Companhia de Saneamento do Recife (SANER).

Em 1972, a Companhia Pernambucana de Saneamento e Água - COMPESA contratou a empresa de consultoria PLANIDRO com a finalidade de elaborar uma bateria de poços tubulares profundos, como também o projeto de captação de água subterrânea para o abastecimento do município de Olinda. Foram construídos poços experimentais e piezômetros para monitoramento.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Companhia Pernambucana de Saneamento e Água (COMPESA) realizaram um diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea no aquífero Beberibe, na área de Olinda-Paulista-Itamaracá, nessa pesquisa foram apontadas restrições à continuidade da exploração do aquífero Beberibe na RMR norte em nível de atendimento da demanda global, mostrando a necessidade de captação suplementar de água superficial, motivando assim a construção da Barragem do rio Botafogo.

Entre os anos de 1980 e 1982 foram implantados a partir da exploração de água subterrânea, os sistemas de abastecimento dos conjuntos habitacionais de Caetés, Arthur Lundgren, Maranguape I e Maranguape II, tendo a COMPESA contratado a CPRM para elaboração dos estudos e dimensionamento das baterias de poços produtores. A CPRM evidenciou a necessidade de implantação de um sistema de monitoramento operacional dos poços, de modo a se obter informações sistemáticas.

Batista (1984), concluiu em seu “Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife”, que os níveis piezométricos entre o bairro de Brasília Teimosa e o limite do município de Olinda mostravam que a área se encontra em regime de super-exploração, existindo duas regiões onde o fenômeno de inversão do fluxo subterrâneo ocorria.

Em 1985, o Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco (GRH/UFPE), elaborou dois modelos de simulação numérica do Aquífero Beberibe, objetivando a avaliação do comportamento hidrodinâmico do aquífero na área continental, a análise da posição original da cunha salina e do seu avanço. Chegou-se a conclusão à época, que a cunha salina, na porção Norte da RMR estava posicionada a alguns quilômetros do continente, deslocando-se lenta, mais continuamente em direção à costa, necessitando, no entanto de aprofundamento da análise ao longo do tempo (França *et. al.*, 1988).

Com o início dos trabalhos do Plano Diretor de Abastecimento d'água da RMR (PDAA) em 1985, são retomados os estudos hidrogeológicos do aquífero Beberibe pela COMPESA, com assessoria da empresa consultora ACQUA-PLAN. Com a finalidade de se permitir a aplicação de modelos matemáticos ao aquífero Beberibe,

iniciou-se ao processo de medições sistemáticas de vazão e potenciometria em pontos de observação na região metropolitana norte (poços desativados).

Rolim Filho (1987), através de processamento de dados e análise estatística de amostragem dos parâmetros hidrogeológicos da Planície do Recife, elabora e conclui estudo que permite localizar em áreas de super exploração, próximas às marés, áreas críticas para a captação de águas subterrâneas.

Este estudo permitiu a previsão de qualidade da água a ser obtida na elaboração de projetos de poços, diminuindo assim os riscos de contaminação.

Durante a década de 90, inúmeros trabalhos foram realizados pela CPRM, destacando-se os seguintes: “Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife” (CPRM 94a), do qual resultaram os mapas de vulnerabilidade das águas subterrâneas, de carga contaminante e de risco de contaminação das águas subterrâneas e “Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas” (CPRM 94b), onde foram definidas as áreas de maior ou menor favorabilidade para instalação de aterros sanitários.

Em julho de 1990 foi reativado o convênio ATEPE-COMPESA, envolvendo o GRH/UFPE, para implantação de um novo modelo computacional para análise da intrusão marinha, bem como para realização de novas simulações hidrodinâmicas na porção norte do aquífero Beberibe.

Costa Filho (1997), concluiu que existem dois focos na área do bairro Boa Viagem (região costeira sul), coincidentes de altas concentrações de sódio, de cloreto e de condutividade elétrica, que mantêm entre si altas correlações (maior do que 98,5). Um dos focos possui relações iônicas entre cloreto e o bicarbonato com valores superiores a 20, equivalentes a valores de água do mar, indicando assim uma possível contaminação com a água de origem marinha nesse bairro. Também no bairro do Pina detectaram-se relações iônicas entre cloreto e bicarbonato com valores superiores a 20.

Em 1997 o Estado de Pernambuco sancionou as Leis 11.426 e 11.427, regulamentadas pelos respectivos Decretos nºs 20.269 e 20.423, que dispõem sobre a Política e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências; e sobre a Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas.

França *et al.* (1988), executaram uma análise preliminar do comportamento hidrodinâmico e da intrusão marinha no aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife.

Teixeira (1988) defende tese de doutorado na Universidade de São Paulo-USP sob o título “Modelo conceitual para uso e proteção dos recursos hídricos da faixa costeira

Recife-João Pessoa”, na qual aborda os aspectos preventivos da intrusão de água do mar, bem como a preservação da qualidade da água.

Em 1998 foi implantada pelo Governo do Estado de Pernambuco a Lei Estadual de Água Subterrânea.

Costa & Santos (1998), realizaram o “Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife” dentro do projeto “Carta Geotécnica da Cidade do Recife”, executado pelo Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE. Posteriormente publicaram o trabalho intitulado "Zoneamento para utilização de água subterrânea no Município do Recife".

No estudo intitulado “Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife” mais conhecido como HIDROREC I, convênio realizado entre A Universidade Federal de Pernambuco e o IDRC. – Internacional Development Research Center do Canadá, Costa *et al.* (1985), concluem trabalho onde foram cadastrados 2.060 poços. Foram também realizados monitoramento de nível durante 12 meses de 28 poços abandonados; análise físico-química de 150 amostras; coleta e análise de isótopos ambientais em águas de poços; realização de perfilagem elétrica em vários poços; avaliação do balanço hidrogeológico e a elaboração de um mapa de zoneamento explorável da Planície do Recife.

Montenegro *et al.* (2000), e Montenegro *et al.* (2001), afirmam que com o monitoramento de campo não foi possível determinar um padrão de comportamento para a salinidade da água subterrânea no sistema aquífero da Planície do Recife capaz de comprovar a ocorrência da intrusão salina.

Santos (2000) defendeu sua tese de doutorado na Universidade de São Paulo, intitulada "Estratégias de Uso e Proteção das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife - Estado de Pernambuco - Brasil".

Monteiro (2000), através de modelagem matemática, simulou cenários para os aquíferos da Planície do Recife, com o intuito de se prever os seus comportamentos com a super exploração que vinha ocorrendo.

Montenegro *et al.* (2002), detectaram manchas salinas na área do Bairro de Boa Viagem, existindo na área diversos poços com elevada concentração de sais.

Para Costa *et al.* (2000), o fato da não caracterização da intrusão salina, pode estar mascarando um problema ainda maior: o risco de subsidência, pois medidas de poços realizados em Boa Viagem mostraram que os níveis estão rebaixando além da cota de topo do aquífero Cabo, o que poderia indicar que os vazios deixados pela super exploração não estão sendo completamente preenchidos pela água salinizada, pois, no caso da intrusão salina, os vazios deixados pela retirada de água deveriam ser ocupados por água salinizada.

Cabral *et al.* (2002a, 2002b), apresentam uma análise preliminar da possibilidade de subsidência em região costeira submetida à excessiva exploração de água subterrânea, e apresenta a montagem de um estudo de caso na Planície do Recife.

O HIDROREC I (Costa *et al.*, 1998) foi posteriormente atualizado, constituindo o Estudo Hidrogeológico do Recife – Olinda – Jaboatão – HIDROREC II (Costa *et al.*, 2002), que foi realizado durante os anos de 2001 e 2002.

Em 2002/2003 Costa W.D e M, A.Valença, através de convênio entre o DNPM e a CPRH implantaram o primeiro sistema de monitoramento telemétrico em dez poços da RMR, mais precisamente nos aquíferos Cabo, Beberibe.

Oliveira (2003) efetuou o levantamento dos principais aspectos hidrogeológicos da Região Metropolitana do Recife (região norte), englobando os municípios de Paulista, Abreu e Lima, Araçoiaba, Itamaracá, Igarassu, Goiana e Itapissuma, elaborando um mapa de zoneamento de áreas de exploração.

Em 2005 foi implantada pelo Estado de Pernambuco a Lei nº 12984, denominada “Lei das Águas”.

Correia (2006) Elaborou dissertação de mestrado na qual analisa a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do aquífero Boa Viagem no município de Recife-PE através do método GOD.

Santo Silva (2004) elaborou Dissertação de Mestrado intitulada: “Avaliação de Recarga Artificial como alternativa para recuperação da Potenciometria de Aquífero localizado na Planície do Recife - PE

Santo Silva *et al.* (2006), apresentou o trabalho intitulado “Aplicação da Recarga Artificial com Águas Pluviais para Recuperação Potenciométrica da Aquífero Costeiro na Planície do Recife – PE”.

Em 2008, Costa W.D e M, A.Valença apresentaram o trabalho intitulado “Estudo das causas de salinização das águas dos aquíferos do Recife (região Boa Vista e Pina)”, trabalho este patrocinado em convênio entre o Ministério da Integração Nacional e a CPRH.

Montenegro *et al.* (2009), apresentou trabalho intitulado “Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE)”, onde analisaram a evolução da salinização e as perspectivas áreas de gerenciamento.

## 2. POSTULADO TEÓRICO

### 2.1 - HIPÓTESE

Considerando a perfuração indiscriminada de poços sem aplicarem-se as técnicas adequadas, a super exploração dos aquíferos Beberibe e Cabo, a falta de fiscalização por parte do Poder Público das empresas responsáveis pelas novas perfurações, a não conscientização da sociedade em geral, da importância da preservação desses importantes mananciais hídricos, a falta de uma legislação especialmente voltada acerca das contaminações que afetam esses reservatórios naturais de água, a não aplicação das leis já existentes, e as que por ventura venham a ser introduzidas no nosso ordenamento jurídico, até que ponto influirá na recuperação e preservação dos principais fontes subterrâneas de abastecimento d'água da Região Metropolitana do Recife?

### 2.2 - TESE

Os aquíferos, sistemas naturais de reservatório d'água, há muito sofrem com as ações antrópicas que foram anos após anos levando cada vez mais a consequências negativas, as quais resistiam a soluções incrementais.

A escala geográfica das intervenções e sua magnitude levaram muitos locais a um desastre, e tentativas erradas de soluções causaram uma série de catástrofes, na realidade, tentativas e erros estão intimamente ligados à ignorância (Holling & Clark, 1975).

A percepção do homem a eventos em um ambiente engloba apenas uma fatia pequena de um todo dimensional extremamente grande. Em alguns casos, as escalas de observações podem ser escolhidas deliberadamente para evidenciar aspectos chave do sistema natural, além disso, as escalas são impostas pela capacidade de percepção ou por forças tecnológicas ou logísticas. Em particular, a variabilidade e mudanças observadas em um sistema estarão condicionadas à escala de sua descrição, com desconhecimento das áreas adjacentes (Levin, 1992).

Segundo Rabinovich (1981), uma das formas de visualizar o comportamento do mundo que nos rodeia é a de supor que este mundo tem uma estabilidade global, ou seja, o sistema se recobrará e retornará à sua condição estável original, uma vez que desapareça a perturbação imposta, independente de sua gravidade.

Monteiro (2000), através de modelos matemáticos do fluxo subterrâneo nos aquíferos da Planície do Recife, simulou três diferentes cenários de exploração com

alcance até 2010 para os aquíferos Beberibe e Cabo. No cenário 1 o autor supôs que se mantivesse a descarga dos poços à época do estudo, chegando à conclusão que no ano de 2010 ocorreria uma estabilização das cargas potenciométricas; no cenário 2 simulou a evolução dos rebaixamentos das cargas potenciométricas na camada do Aquífero Cabo e Beberibe, caso se aumentasse a retirada diária no bairro de Boa Viagem em dobro até o ano de 2010, já a partir do ano de 2000. Os resultados obtidos mostraram que a duplicação dessa retirada de água, levaria a exaustão do Aquífero Cabo nos bairros de Boa Viagem, Pina e parte de Piedade; finalmente, no cenário 3, simulou a evolução dos rebaixamentos das cargas potenciométricas caso se diminuísse a retirada diária no bairro de Boa Viagem até o ano de 2010, já a partir do ano 2000. Evidenciou-se uma recuperação geral dos níveis do Aquífero Cabo nos bairros de Boa Viagem, Pina e Candeias.

Já Cabral *et.al* (2002a, 2002b), apresentam uma análise preliminar da possibilidade de subsidência em região costeira submetida à excessiva exploração de água subterrânea, apresentando a montagem de um estudo de caso na Planície do Recife.

Na realidade, até que ponto todos os estudos realizados até a presente data sobre os Aquíferos Beberibe e Cabo foram suficientes para esclarecer toda a problemática que esses importantes mananciais sofreram e sofrem? E quantos mais deverão ser realizados?

Estudos propostos por COSTA no ano de 2000, para a implantação de recarga artificial através da injeção de água em poços profundos, contribuirão de que maneira para a recuperação desses reservatórios? Questionamentos como esse ficaram sem respostas, pois, o estudo infelizmente não foi realizado.

Inexplicavelmente, após os adventos dos estudos do Hidrorec I e II, nenhum do mesmo porte foi realizado. A verdadeira questão é: Qual o estado atual de proteção das águas dos aquíferos Beberibe e Cabo. Até que ponto as ações antrópicas influíram e influem na deteriorização de suas águas? A Legislação atual sobre o tema é suficiente? Quais medidas legais deverão ser incrementadas para que se possa ter realmente um resultado favorável em relação à proteção desses importantes sistemas?. Respostas para estes questionamentos tentaremos oferecer quando da conclusão deste trabalho.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento para a execução do presente trabalho de pesquisa inicialmente constou de um cadastramento preliminar dos poços perfurados na RMR e suas potenciais fontes de contaminação. Estas informações foram levantadas através de dados coletadas nas empresas perfuradoras de poços, no SIAGAS da CPRM, na CPRH, no HIDOREC I e HIDRIOREC II. Em seguida, buscou-se um levantamento da legislação especial pertinente ao meio ambiente e aos recursos hídricos, pesquisadas no Código de Águas, CONAMA, CNRH e Legislações Internacionais, estaduais e locais. Para a legislação comum utilizou-se as diversas Constituições Brasileiras desde a de 1934 à de 1988, Código Civil e Código Penal.

De posse destas informações, procedeu-se à análise e integração dos dados multidisciplinares compreendidos nestes documentos, para a caracterização dos recursos hídricos subterrâneos e as medidas técnicas e jurídicas para seu uso e proteção.

A segunda fase consistiu em uma etapa de campo, onde se realizou a checagem das principais fontes potenciais de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos da área pesquisada levantadas na etapa anterior, além do levantamento cartográfico dessas fontes potenciais, e dos poços cadastrados, bem como a identificação das diversas unidades litológicas existentes na área. Com os dados levantados nas etapas anteriores e de campo foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade dos aquíferos Beberibe e Cabo, bem como o de suas potenciais fonte de contaminação, que representam uma importante ferramenta técnica-gerencial para a priorização dos ambientes a serem protegidos, nos quais devam ser aplicados ou concentrados esforços em casos acidentais/emergenciais, de forma a reduzir as deteriorizações ambientais. As áreas sensíveis correspondem àquelas com maiores riscos à contaminação dos recursos hídricos e são áreas onde, se as ferramentas geológicas e jurídicas forem bem aplicadas, resultarão em significativa redução da contaminação.

O plano de enquadramento das águas subterrâneas dos Aquíferos Beberibe e Cabo teve como base a Resolução CONAMA 396/2008

Para a avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos e consequente elaboração do mapas de vulnerabilidade, utilizou-se o método GOD (Foster *et al.*, 2002), amplamente aplicados nos países da América Latina em virtude do seu bom desempenho, menor custo e maior facilidade para a obtenção das informações nele utilizadas. Esse método avalia a vulnerabilidade do aquífero utilizando-se para tal de três parâmetros: o primeiro é o tipo de aquífero (Parâmetro G); o segundo a litológica e o grau de consolidação da zona vadosa ou camadas confinantes (Parâmetro O), e o

último leva em consideração a profundidade da água no caso do aquífero livre, ou topo do aquífero no caso de confinado.

## 4. FISIOGRAFIA

A Região Metropolitana do Recife (RMR) se situa na zona fisiográfica do Litoral-Mata Atlântica no Estado de Pernambuco. É uma região tropical litorânea, quente e úmida com estiagem pouco pronunciada. Segundo a classificação de Köppen (1948), seu clima é do tipo Ams, quente, úmido e com taxa de precipitação pluviométrica anual abundante com média de 2.458 mm.

### 4.1 - CLIMA

A precipitação pluviométrica média anual é de 2.458 mm, sendo marcada por dois períodos distintos: um chuvoso, que se estende de março a agosto, com precipitações máximas nos meses de junho e julho; um de estiagem, que ocorre entre os meses de setembro a fevereiro, com mínimas nos meses de novembro e dezembro.

A evaporação potencial média anual é inferior à pluviometria, ou seja, 1.390 mm evaporados contra 2.458 mm, um balanço hídrico positivo de 1.068 mm.

O semestre de menor e maior grau de evaporação potencial coincide com o semestre mais chuvoso (inverno) e mais seco (verão), respectivamente.

A umidade relativa do ar atinge um valor médio em torno de 79,8%, com máxima de 85% no período do mês de maio a agosto e mínimo de 73% em janeiro. A insolação média anual é em torno de 2.464 h com máxima de 266 h no mês de novembro e mínima de 108 h no mês de agosto. A elevada taxa de insolação média anual é consequência do posicionamento geográfico da Região Metropolitana do Recife que se encontra relativamente próximo da faixa equatorial. A direção predominante dos ventos é sudeste

### 4.2 - GEOMORFOLOGIA DA RMR

O relevo da RMR está representado por quatro compartimentos geomorfológicos que são a Planície do Recife, os Tabuleiros Costeiros, as Colinas e os Morros, subdivididos em oito unidades de relevo.

A Planície do Recife é constituída pelas unidades Planície Costeira e Planície Fluvio lacustre, que se estendem por todo o litoral, sendo interrompida pelas colinas no município do Cabo de Santo Agostinho. Na Planície Costeira em um nível mais alto (8 até 10m), encontram-se os terraços marinhos de idade pleistocênica, e em um nível

mais baixo até aproximadamente 4m encontram-se os terraços marinhos de idade holocênica.

Os Tabuleiros são formados por sedimentos da Formação Barreiras, e situam-se ao norte da RMR com cotas variando entre 30 e 80 m. Formam morros alongados, com vales de fundo chato. Mais a oeste da RMR podem atingir cotas superiores a 200m, sendo constituídos por rochas cristalinas.

No sudeste da RMR situa-se o Domínio das Colinas Amplas e Suaves, sendo constituídas por sedimentos e por rochas vulcânicas e sub-vulcânicas. O Granito do Cabo é a expressão mais importante e marcante dessa unidade.

O Domínio das Colinas Dissecadas e Morros Baixos situa-se na parte oeste e sudoeste da RMR, tratando-se de um conjunto de formas mais elevadas constituído por rochas cristalinas com cotas variando entre 30 e 300m, com altitude aumentando de leste para oeste.

No extremo oeste da RMR situa-se o Domínio dos Morros e Serras Baixas, constituído por rochas cristalinas formando serras como a do Urucu, localizada no extremo oeste do município do Cabo de Santo Agostinho. Neste domínio é marcante o controle estrutural dos rios e do relevo, principalmente na parte oeste da RMR.

#### 4.3 - SOLO E VEGETAÇÃO

A maior parte da região é ocupada por solos da Formação Barreiras sobre a qual se desenvolve a classe Latossolo em estreita associação com os Argissolos, principalmente nos topos aplainados dos tabuleiros (Mabesoone, 1991 apud Oliveira, 2003). Nas áreas de planície ocorrem solos tipo Gley indiscriminados. Tem-se, portanto:

- a) Solos tipo Neossolos quartzorêncios sobre a Formação Barreiras e os Terraços Holocênicos e Pleistocênicos, formando solos profundos a muito profundos.
- b) Solos tipo Gley indiscriminados nas áreas de planície, incluindo: solos orgânicos de mangue, pouco desenvolvidos, com elevado teor salino, sedimentos finos com matéria orgânica que alimentam a fauna e a flora; solos aluviais, pouco desenvolvidos e pouco permeáveis, o que os torna sujeitos a inundações; areias quartzosas marinhas distróficas, muito permeáveis e distribuídas pela baixada litorânea nas proximidades da orla marítima.

A vegetação que serviu para denominar a “Mata Atlântica” já foi quase totalmente removida, sendo substituída por vegetação secundária como as culturas de subsistência (milho, feijão banana, etc.), e mais amplamente pelos canaviais. Podem ainda ser encontrados restos de vegetação nativa em estágio de regeneração

(capoeira, capoeirinha), além de vegetação hidrófila e vegetação de mangue (FIDEM, 1979), como também coqueirais cultivados principalmente nas áreas mais próximas ao litoral.

Na cidade do Recife o remanescente desse tipo de floresta é a “Mata de Dois Irmãos” com cerca de 373 ha. Nessa área se localiza o horto zoobotânico de mesmo nome e o Açude da Prata, manancial com cerca de 30.000m<sup>3</sup> de volume. Nos tabuleiros da Formação Barreiras que margeiam a planície também ocorrem vestígios da antiga Mata Atlântica.

#### 4.4 - HIDROGRAFIA

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL - a RMR está inserida na região hidrográfica classificada como sub-bacia 39.

A rede hidrográfica da Região Metropolitana do Recife se divide em três partes:

- Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos, ao sul da Planície do Recife, onde se encontram os rios Jaboatão, Pirapama, Utinga de Baixo, Ipojuca, e outros;
- O baixo curso do rio Capibaribe e o rio Tejiipió, na Planície do Recife;
- Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos, ao norte da Planície do Recife, onde se acham representados os rios Beberibe, Paratibe, Barro Branco, Timbó, Utinga, Bonança, Botafogo e Arataca. A maior parte das concessões de lavra e de autorizações de pesquisa de água mineral da RMR situa-se nas bacias dos rios Beberibe e Paratibe.

#### 4.5 - O CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO DA REGIÃO – OCUPAÇÃO URBANA

Ao longo da faixa litorânea, a distribuição populacional se caracteriza por uma alta concentração demográfica. Enquanto nos bairros mais afastados do centro do Recife e nas cidades mais importantes da RMR, foram implantados núcleos habitacionais de médio e grande porte. Mantendo-se a tendência observada nos últimos 40 anos, a atual população de 3,5 milhões de habitantes deverá ser da ordem de 6 milhões no ano 2050. Isso irá representar um cenário preocupante, implicando em um grande desafio na gestão dos aquíferos, no planejamento da possibilidade de uso dos mesmos, como parte da solução do problema de abastecimento d'água (Manoel Filho, 2004). A evolução do crescimento populacional da RMR está ilustrada na figura 4.1.

Destacam-se também na área várias lagoas, sendo a maior delas a lagoa Olho D'água, situada no Município de Jaboatão dos Guararapes; a lagoa do Araçá no município de Recife e as lagoas Mingú e Maré situadas no município de Ipojuca.

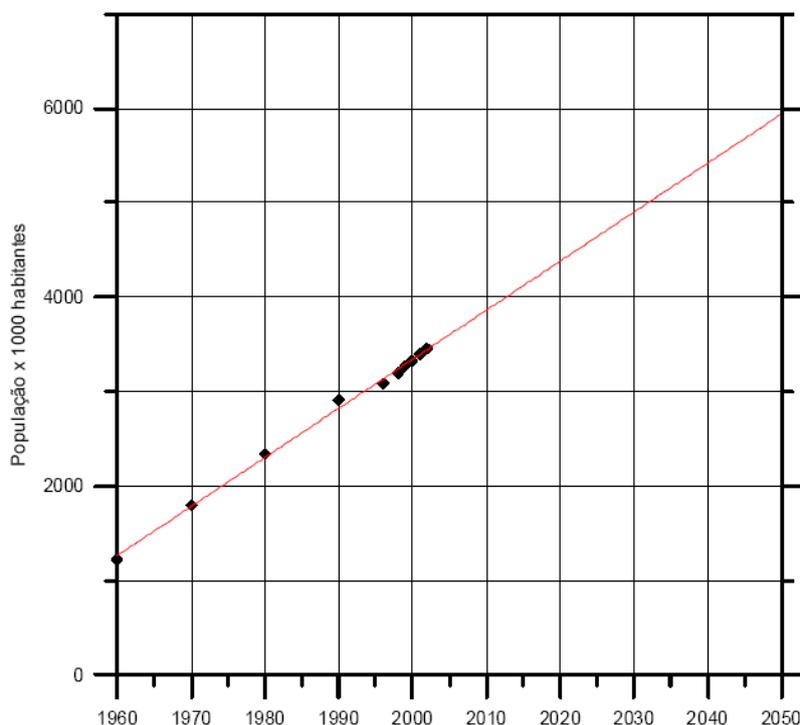


Figura 4.1 - Evolução do crescimento populacional da RMR e previsão até o ano 2050 (Manoel Filho, 2004).

Em geral, todas essas áreas urbanizadas são providas de infraestrutura de saneamento bem desenvolvida, apesar da existência de alguns sistemas sanitários condominiais em condições precárias.

Nas zonas urbana e periférica onde existem pequenas concentrações habitacionais, muitas vezes se encontram lixões, cemitérios, postos de combustível, pequenas indústrias e outras atividades geradoras de resíduos que podem contaminar as águas subterrâneas.

#### 4.6 - DEMANDA HÍDRICA ATUAL

No sistema de abastecimento d'água da Grande Recife, administrado pela COMPEA, a participação das águas subterrâneas é da ordem de 15% sendo a água extraída de poços distribuídos nos municípios de Olinda, Paulista, Igarassu, Itamaracá e morros da zona norte da cidade do Recife (Manoel Filho, 2004). A previsão de crescimento da população e da demanda na região envolvida pelos citados municípios é ilustrada na figura 4.2.

Na planície do Recife, a exploração de água subterrânea é feita pela própria população através de poços particulares, sendo a água usada para abastecimento doméstico e industrial.

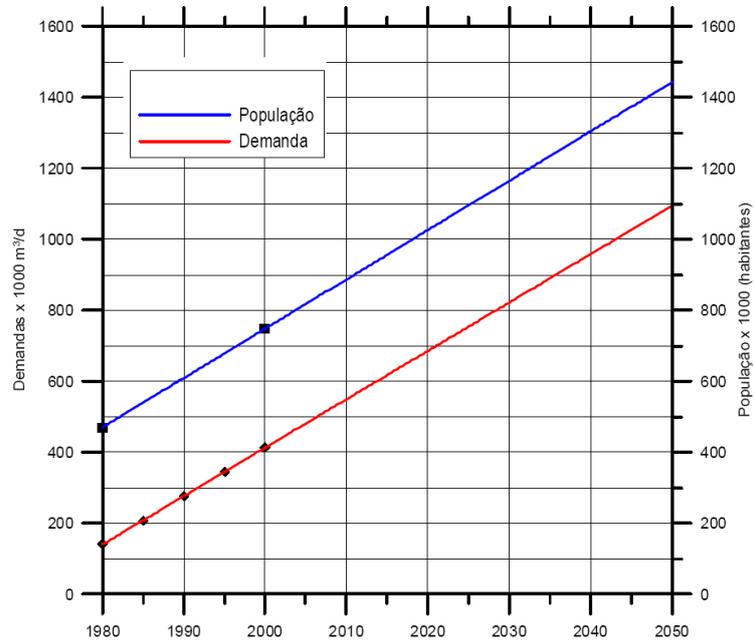


Figura 4.2 – Previsão de crescimento da população e da demanda de água no setor Norte da RMR até o ano 2050 (Manoel Filho, 2004).

## 5. GEOLOGIA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

A caracterização da geologia visa definir os principais elementos que subsidiarão a avaliação hidrogeológica, como as formações aquíferas, aquípardos e aquícludes, a permeabilidade e porosidade das rochas, e a tipificação das descontinuidades que interferem no fluxo das águas subterrâneas.

A Região Metropolitana do Recife (RMR) está caracterizada geologicamente por rochas do embasamento cristalino e das bacias sedimentares costeiras Paraíba e Pernambuco.

O Lineamento Pernambuco (LPE), principal feição estrutural da área RMR, constitui o limite entre as duas bacias sedimentares costeiras Paraíba e Pernambuco (Fig. 5.1).

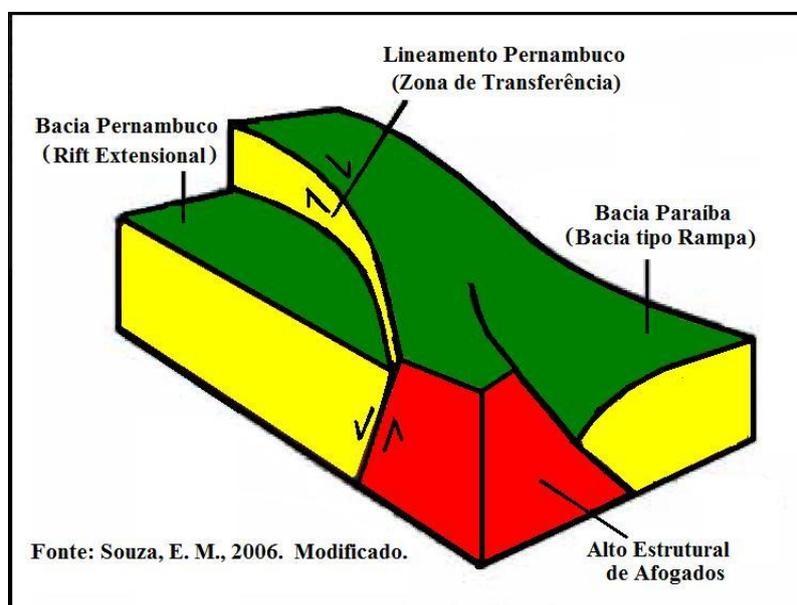


Figura 5.1 – Bloco diagrama das Bacias Sedimentares Costeiras Paraíba e Pernambuco.

A RMR pode ser subdividida em quatro domínios principais do ponto de vista geológico.

- Na área Norte: a Bacia Sedimentar Paraíba;
- Na área Sul: a Bacia Vulcano-Sedimentar Pernambuco;
- Na área central: o Domínio da Planície do Recife.
- Na área Oeste: O Embasamento Cristalino;

O mapa geológico apresentado no anexo IV teve como base o da CPRM (2011) inédito (modificado).

A tabela 5.1 apresenta a coluna estratigráfica para as Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba.

#### 5.1 - BACIA SEDIMENTAR PARAÍBA

A Bacia Sedimentar Paraíba foi definida por Mabesoone & Alheiros (1988), Lima Filho (1998), Souza (1999) e Souza Lima *et al.* (2003), como uma faixa sedimentar costeira entre o Lineamento Pernambuco, em Recife e o Alto de Mamanguape, a norte de João Pessoa, constituída pelas sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri.

A Bacia Sedimentar Paraíba é uma bacia tipo rampa, sendo a última ligação entre os continentes sul-americanos e africanos durante os eventos geológicos que culminaram na separação total dos continentes e a consequente formação do Oceano Atlântico.

Tabela 5.1 - Coluna Estratigráfica para as Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba

Fonte: Monteiro 2000 (modificada)

IDADES		Bacia PE	Bacia PB	Litologia
		Unidade Estratigráfica		
Q u a t e r n á r i o	Holoceno	Recifes		Arenitos com cimentação carbonática
		Mangues		Areias finas, siltes e argilas orgânicas
		Depósitos flúvio-lagunares		Areias, siltes e argilas orgânicas
		Terraços marinhos holocênicos		Areias de praia com conchas
		Terraços marinhos pleistocênico-modificado		Areias de praia com intercalações de argilas orgânicas
	Pleistoceno	Fm. Barreiras		Areias de praia com cimentação por ácido húmico e Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Areias quartzosas a subarcosianas de coloração creme Areias quartzosas a subarcosianas, com cores vivas variando entre o alaranjado, vermelho e roxo em função dos diferentes estágios de oxidação do ferro. Argilas maciças e siltes, de cores variadas. Diamictitos, com densidades de cascalho seixo, onde a matriz é constituída por material argiloarenoso avermelhado
T e r c i á r i o	Plioceno			
	Mioceno	???	???	
	Oligoceno			
	Eoceno		Fm. Maria Farinha	Seção inferior com calcários detriticos, relativamente puros, e uma seção superior com calcários margosos e argilas. Toda a sequência é bastante fossilífera de macrofósseis e microfósseis
	Paleoceno		Fm. Gramame	Calcários margosos argilosos de cor cinza. Conteúdo de fósseis variado porém com pouco macrofósseis
	Fm. Itamaracá		Arenitos médio a finos com cimentação carbonática. Calcarenitos quartzosos. Siltitos e argilitos.	
C r e t á c e o	Maestrichtiano		Fm. Beberibe	Arenitos continentais quartzosos, médios a finos, com intercalações de siltitos e folhelhos.
	Campaniano			
	Santoniano			
	Coniaciano	Fm. Algodão		Arenitos friáveis, maciços, compostos de fragmentos de fósseis variado porém com pouco macrofósseis
	Turoniano	Fm. Estivas	???	Suite Ipojuca - Rocha vulcânicas de composição variável, desde básica - basalto, andesito e traquitos, até acidaríolitos, apresentando-se como derrames, siltes e diques
	Cenomaniano			
	Albiano	Suite Ipojuca		Fm. Cabo - Conglomerados polimíticos de matriz arcóseos, siltitos, argilitos e arenitos arcoseanos.
Apiano	Fm. Cabo			
Pré-Cambriano		Embasamento Cristalino		Granitos, granodioritos, gnaiesses e migmatitos

Na Região Metropolitana do Recife Norte ocorre a sub-bacia Olinda, formada por uma sequência de rochas sedimentares cretáceas pertencentes ao Grupo Paraíba que mergulham suavemente para leste com inclinação da ordem de 28 m/km e cuja espessura aumenta gradativamente na direção do Oceano Atlântico.

Uma seção geológico-estrutural da Bacia Sedimentar Paraíba, no âmbito da Sub-Bacia Olinda ao norte do Recife, foi elaborado de acordo com a Figura 5.2, tendo como base para a interpretação em sub-superfície dos dados gravimétricos (Oliveira, 2003).

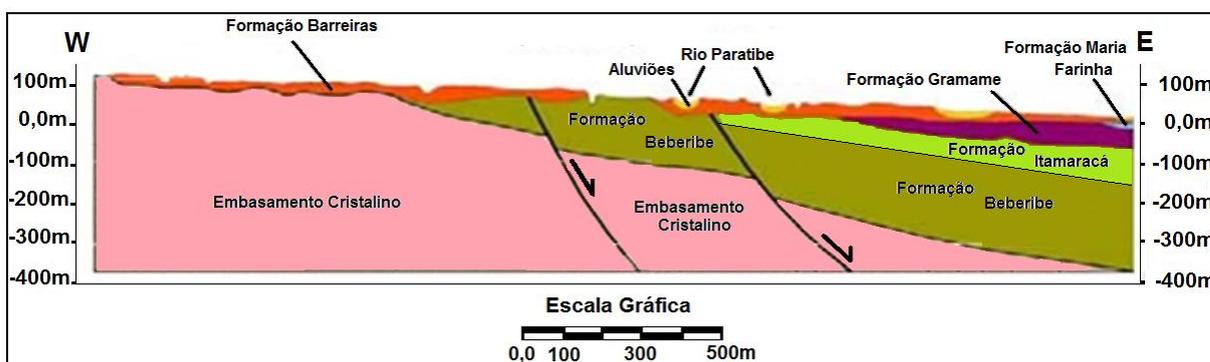


Figura 5.2 - Corte aproximadamente E-W na região de Paulista (Sub-bacia Olinda) mostrando a estruturação da Bacia Sedimentar Paraíba sobre o Embasamento Cristalino e as principais falhas normais com base em perfis gravimétricos. Fonte: Oliveira (2003) modificado.

Estratigraficamente é subdividida por vários autores em: Formação Beberibe (basal, arenítica continental), Formação Itamaracá (arenítica marinha), Formação Gramame (superior, calcária) e Cenozóica, desde o Paleoceno com a Formação Maria Farinha (calcárea) aos sedimentos continentais plio-pleistocênicos da Formação Barreiras. O Poço estratigráfico 2 IST-1-PE localizado em Itamaracá – PE, mostra a sequência sedimentar completa da Bacia Sedimentar Paraíba (figura 5.3).

#### 5.1.1 - Formação Beberibe (Arenito Clástico Inferior)

Esta formação foi pioneiramente definida por Kegel (1953), como sendo uma sequência de calcarenitos. Posteriormente Kegel (1955), incluiu os arenitos friáveis interdigitados com a sequência de calcarenitos ( fácies marinha) proposta no trabalho anterior, designando-a como Membro Beberibe.

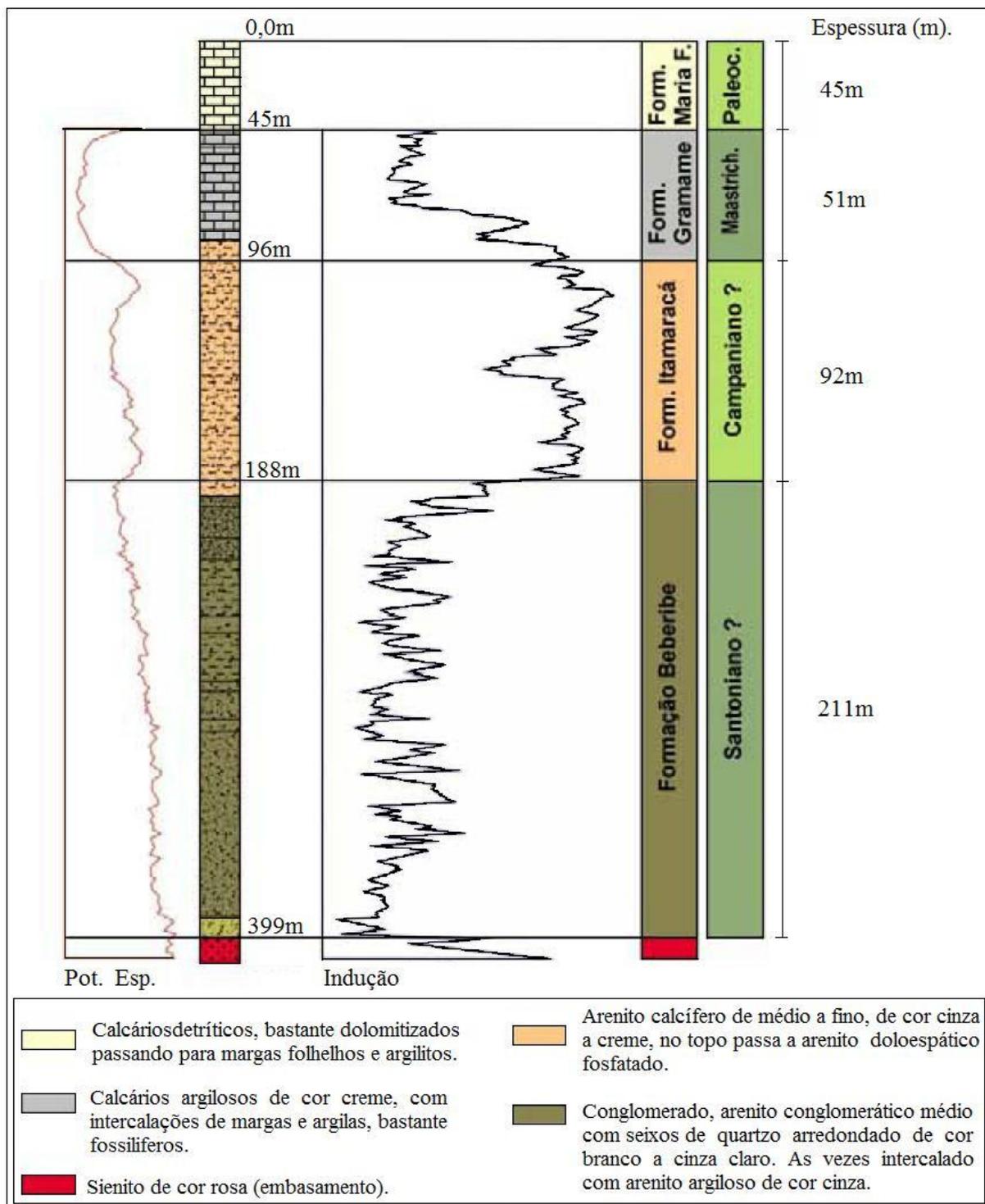


Figura 5.3 - Poço estratiográfico 2 IST-1-PE (Itamaracá – PE.), da Bacia Sedimentar Paraíba, Coordenadas UTM 9143148 N / 298443 E. Altitude da boca do furo 10m. Fonte Petrobrás modificado.

Ocorre extensivamente na Bacia PE-PB (norte da RMR), estando assentada discordantemente sobre o embasamento cristalino devido a uma discordância erosiva.

Possui uma espessura média em torno de 180 metros, com valores máximos que

podem atingir mais de 211 metros na zona litorânea entre Olinda e Itamaracá.

Regionalmente as espessuras aumentam de oeste para leste, contudo ocorre uma tendência de redução no sentido norte-sul. Sua porção inferior é caracterizada por arenitos continentais quartzosos de granulação variável, com intercalações de siltitos e folhelhos.

A Formação Beberibe, que inicia o pacote sedimentar da Bacia Paraíba, é de idade neocretácea, mais precisamente, santoniana-campaniana (87,5 - 74,5 Ma), de caráter predominantemente terrígeno e continental, representada por um depósito fluvial com espessura superior a 150 m, dominado por fácies de canais entrelaçados (*braided*), de alta energia, formados de arenitos quartzosos, grossos a conglomeráticos, via de regra, não fossilíferos, intercalados com depósitos mais finos, de planície aluvial (Nóbrega & Alheiros, 1991).

Esta Formação, na área pesquisada, encontra-se gradando lateralmente para um arenito com cimento calcífero (Formação Itamaracá), refletindo domínio de fácies flúvio-lagunar a flúvio-deltáica. Mais para o litoral, o sistema deposicional desta formação se torna plataforma rasa a costeira.

Litologicamente, a unidade é constituída de arenitos clásticos grossos a finos, mal selecionados, friáveis, com coloração variando de cinza a creme amarelada, com eventuais leitos de conglomerados na base e níveis de siltitos argilosos intercalados no topo. ( Nóbrega & Alheiros,1991),

Em afloramentos, os arenitos mostram-se em espessos pacotes monótonos, maciços e estéreis, superficialmente intemperizados e capeados por areias brancas que se constituem nos solos produzidos a partir do arenito (Beurlen,1967a).

Nóbrega & Alheiros (1991), microscopicamente classificaram como quartzo-arenitos onde o quartzo é o mineral mais frequente e se apresenta sob forma de grãos mono e policristalinos. O monocristalino contribui com 70 a 80% da rocha total e mostra extinção reta, raramente ondulante, podendo ocorrer fraturado. O quartzo policristalino contribui com, no máximo, 15% da rocha, sendo constituído por três ou mais indivíduos por grão, onde, alguns desses, mostram ter sido submetidos à deformação, evidenciada por limites individuais não muito nítidos e por forte extinção ondulante.

Na área pesquisada Nóbrega & Alheiros (1991), descreveram a Formação Beberibe na localidade de Passarinho, nas margens do rio Beberibe a oeste da BR-101 Norte. Delinearam como uma sequência sedimentar bem estratificada constituída de arenitos finos de coloração creme e siltitos de coloração cinza esverdeada com manchas avermelhadas e ricamente fossilífera (Pseudoschoembachia, Mullinoides, Tellina, Corbula, entre outras), confirmando sua formação em ambiente

lagunar. Os níveis mais friáveis apresentam inúmeras conchas mal preservadas de bivalves e grãos de quartzo de granulação grossa a média são observados, com formas subarredondadas a subangulosas, dispersas numa matriz mais fina.

Os siltitos desenvolveram-se sobre a fácies fluvial anterior e, muitas vezes, mostram, no topo, intercalações de camadas com níveis conglomeráticos, indicando recorrência do processo fluvial. Segundo esses autores, há uma brusca descontinuidade lateral, que sugere a presença de falhamentos de gravidade com elevação do bloco onde se encontra o afloramento que expõe a fácies lagunar.

Macroscopicamente, esta fácies é composta por siltitos argilosos e arenitos finos a muito finos, estratificados de cor cinza esverdeada a creme e pouco poroso em virtude dos níveis argilosos frequentes. São friáveis e com grãos de quartzo subarredondados a subangulosos, do tamanho areia, grossa a média, e dispersos na matriz mais fina. Ao microscópio, os arenitos finos a médios, foram classificados como subacóseos tendo como mineral mais abundante o quartzo (Nóbrega & Alheiros, 1991).

A maioria dos grãos é monocristalino e exhibe extinção reta, raramente ondulante, em menor proporção, tem-se o quartzo policristalino.

Subordinadamente ocorrem grãos de feldspato, subarredondados a subangulosos chegando a angulosos. Esses arenitos são bem a moderadamente selecionados e mostram um empacotamento frouxo com contatos pontuais a flutuantes. Observa-se a matriz filosilicática e cimento ferruginoso, sendo comum à presença de grãos maiores de quartzo dispersos juntamente com o arcabouço fino (Nóbrega & Alheiros, 1991).

#### 5.1.2 - Formação Itamaracá (Neocampaniano - Eomaastrichtiano)

A Formação Itamaracá foi definida por Kegel (1955), para designar os arenitos calcíferos aflorantes na Ilha de Itamaracá, norte da cidade de Recife. Beurlen (1967a) aboliu o termo Formação Itamaracá, incluindo estes arenitos calcíferos transicionais na base da Formação Gramame, porém, posteriormente Lima Filho & Souza (2001) retomam o nome de acordo com a sua proposta inicial.

É formada por uma sequência transgressiva composta de calcarenitosossilíferos que chegam a formar coquinas, intercalações siliciclásticas de granulometria variável e depósitos fosfáticos no topo (Lima Filho & Souza, 2001; Barbosa *et al.*, 2003). As fácies fosfáticas apresentam maior abundância de gastrópodes em relação a bivalves (Plicatula, Venericardia, Lucina, Xenomorpha, Helicaulax, Cypraea entre outros), além de abundantes as associações de

Foraminíferos (Siphogenerinoides, Epistominella, Fallotia, Rosita, Globotruncana e Rugoglobigerina. (Tinoco, 1967). Os depósitos da Formação Itamaracá podem alcançar 92 metros de espessura (Poço estratigráfico 2 IST-1-PE -Itamaracá – PE. Figura 07), cujos depocentros localizam-se entre a ilha de Itamaracá e Pitimbu e nas vizinhanças de João Pessoa. Nas periferias, esta unidade não ultrapassa 30 metros. A Formação Itamaracá recobre discordantemente em situação de *onlap* a Formação Beberibe (Barbosa *et al.*, 2003).

A Formação Itamaracá aflora na porção sudeste dos Municípios de Igarassu e em quase todo o município de Itapissuma. Ocupa a porção médio-inferior dos vales dos rios Paratibe, Barro Branco e Tabatinga.

Segundo Lima Filho & Souza (2001), é constituída de arenitos calcíferos, siltitos e fosforitos, com presença de fósseis marinhos que a posicionam no Campaniano.

Esta unidade representa a transição do ambiente continental para o ambiente marinho, marcando a invasão do Oceano Atlântico sobre a Bacia Paraíba.

Litologicamente está representada por arenitos calcíferos/calcários, de coloração creme, friável, sem estratificação, fossilífero, apresentando dolomitização e pequena espessura, às vezes, com teor de fosfato elevado (Beurlen, 1967b). A fácies fosfática caracteriza-se pela formação de um horizonte de fosforito mais ou menos contínuo, com a espessura do horizonte variando da ordem de alguns centímetros a um máximo de 4 metros sendo a espessura da ordem de 1,2 m em média. Os teores de  $P_2O_5$  variam de local para local, porém o valor máximo chega a 35% e o teor médio fica em torno de 20% (Menor *et al.*, 1977).

Os dois tipos litológicos são caracterizados por controles estratigráficos distintos conforme o posicionamento estratigráfico, sendo o primeiro, uma variedade creme e friável com teor menor ou igual a 10% sobrejacente aos arenitos friáveis e continentais da formação Beberibe; o segundo chamado de fosfato pobre, com teor menor que 10%, variedade cinza e dura, sobrejacentes aos arenitos carbonáticos duros, marinhos da fácies litorânea da Formação Itamaracá (Kegel, 1955).

### 5.1.3 - Formação Gramame (Mastrichtiano)

Restringe-se a uma faixa norte-sul na porção leste da sub-bacia sedimentar da cidade de Olinda. Recobre as arenitos calcíferos da Formação Itamaracá. Em poços, sua espessura detectada não ultrapassou os 100m.

Nessa fácies podem ser encontrados fósseis de cefalópodes como Pachydiscus, Roudairia e Pseudocuculaca, entre outros (Oliveira & Andrade Ramos, 1956). A microfauna é mal representada por Globotruncana contusa e G. Atuarti, em raros exemplos (Tinoco, 1967).

#### 5.1.4 - Formação Maria Farinha ( Daniano)

Constituída por calcáreos detríticos, relativamente puros, e uma seção superior com calcáreos margosos e argilas. Toda a sequência é bastante fossilífera de macrofósseis e microfósseis.

#### 5.1.5 - Formação Barreiras (Terciário – Quaternário)

Ocupa mais de 50% da área da Região Metropolitana do Recife Norte, ocorrendo principalmente na porção ocidental da faixa sedimentar da zona norte, recobrimo discordante e indistintamente o cristalino e as formações cretáceas e terciárias da Bacia PE-PB. Corresponde à zona de tabuleiros, vales estreitos, ocorrendo na forma de pequenos morros isolados. Sua litologia é caracterizada por areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grosseiros. A Formação Barreiras constitui um sistema aquífero merecedor de atenção na zona norte, caracterizado por uma sequência aquífera freática, com níveis confinados em profundidade.

#### 5.1.6 - Terraços Marinheiros Pleistocênicos e Holocênicos

Os primeiros apresentam-se geralmente descontínuos mais ou menos alongados e paralelos à linha de costa, ou no sopé das formações geológicas mais antigas. Em toda a área esses terraços alcançam altitudes de até 6m, contudo, foram e são modificados pela ação fluvial e antrópica.

Os segundos apresentam uma geometria mais regular em relação aos anteriormente citados. Geralmente são alongados, paralelos à linha de costa, com altitude média de 2,5m.

### 5.2 - BACIA VULCANO-SEDIMENTAR PERNAMBUCO

Ocupa toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, possuindo uma forma alongada na direção N40E, e uma largura média de 10 Km na porção emersa.

Segundo Amaral & Menor (1979) está incluída no Grupo Pernambuco. Trata-se de uma bacia do tipo *rift* (Rifte do Cabo) com espesso pacote sedimentar, atingindo mais de 3.000 metros de espessura (figura 5.4).

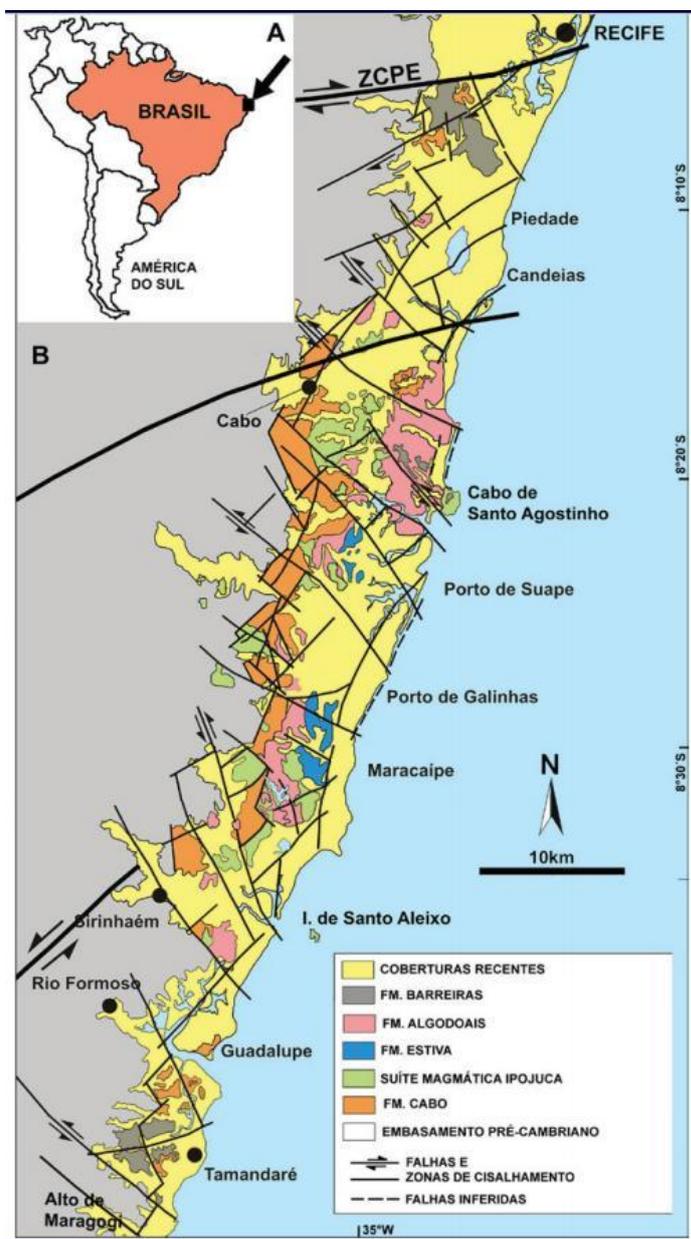


Figura 5.4 – Mapa geológico da Bacia Pernambuco (Fonte: CPRM modificado).

### 5.2.1 - Formação Cabo (Cretáceo Inferior)

É exclusiva da Bacia Vulcano Sedimentar Pernambuco, sua litologia é muito variada, sendo constituída de conglomerados polimíticos de matriz arcoseana, arcósios, siltitos, argilitos e arenitos. Seus afloramentos mais setentrionais ocorrem na periferia da cidade do Recife, imediatamente ao sul do Lineamento Pernambuco.

### 5.2.2 - Formação Estiva (Cretáceo Médio - Cenomaniano)

Sua ocorrência restringe-se à região sul da RMR, inexistindo nos domínios da Planície do Recife, apresentando-se como uma sequência clástico-carbonática depositada discordantemente sobre a Formação Cabo.

Predominam, na base, arcósios carbonáticos, crescendo verticalmente a participação carbonática até caracterizar, no topo, margas e calcários dolomíticos fossilíferos.

Pelo modo de ocorrência, em manchas isoladas, bem como por sua natureza litológica, não se caracteriza por uma boa formação aquífera

### 5.2.3 - Suíte Ipojuca (Cretáceo Inferior a Superior-Albiano)

Apresenta-se como derrames, sills, plugs e diques, nos municípios do Cabo e Ipojuca, sendo constituída por um conjunto de rochas vulcânicas de composição extremamente variável, desde básica como basaltos, andesitos e traquito, até ácidas como riolito. Em poços perfurados na planície do Recife sua presença pode ser constatada, tanto sob a forma de derrame sobre o embasamento (bairro do Ipsep), como intercalada em forma de *sills* dentro da Formação Cabo ou na Formação Estiva, e ainda na região de Piedade/Candeias, onde o poço perfurado pela CPRM até os 1.100m de profundidade atravessou uma sequência alternada de vulcanitos e sedimentos.

Não oferecem interesse como aquífero, podendo ainda agravar as condições de porosidade e permeabilidade das rochas das Formações Cabo e Estiva que funcionam como encaixantes, devido à cimentação que ocorre nessas formações os fluidos em elevadas temperaturas emanados das intrusões ígneas.

### 5.2.4 - Formação Algoduais (Coniaciano)

É constituída por um pacote de arenito friável, maciço, composto de fragmentos angulosos de quartzo e feldspato em matriz mais fina areno-argilosa, com cor avermelhada. Lima Filho *et al.* (1994), identificou três fácies: a fácies de leque aluvial pós-vulcânico, leque aluvial mediano pós-vulcânico e leque aluvial distal. Esses autores posicionaram esta formação no Coniaciano, sobreposta ao vulcanismo Ipojuca. Poços recentemente perfurados pela CPRM no município do Cabo, que estão

captando água do aquífero Algoduais apresentaram vazões específicas da ordem de 2,7 m<sup>3</sup>/h.m.

#### 5.2.5 Formação Barreiras:

Ocupa aproximadamente 10% da área da Região Metropolitana do Recife Sul, correspondendo à zona de tabuleiros, vales estreitos e profundos. Suas exposições no litoral ocorrem na forma de pequenos morros isolados. Sua litologia é caracterizada por areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grosseiros.

### 5.3 - DIFERENCIAÇÃO ENTRE A BACIA DA PARAÍBA E A BACIA DE PERNAMBUCO

A Bacia da Paraíba, do LP até o Alto de Mamanguape (Figura 5.5), possui uma coluna sedimentar iniciada com arenitos continentais de idade, provavelmente Coniaciano?-Santoniano; sobrepostos ocorrem arenitos calcíferos e folhelhos transicionais de idade Campaniano, posteriormente ocorre uma extensa plataforma carbonática, de idade Maastrichtiano, em seguida tem-se carbonatos depositados sob um regime regressivo de idade Paleoceno-Eoceno? (Barbosa *et al.*, 2003). Estes estratos e suas idades são observados na porção emersa da bacia, já que não existem poços em *offshore*. Estas informações permitem afirmar que a sedimentação marinha na bacia teve início a partir do Santoniano?-Campaniano.

A Bacia de Pernambuco, do LP até o Alto de Maragogi (Fig.5.5), possui uma coluna sedimentar iniciada pela Formação Cabo, representada por conglomerados, leques aluviais e arenitos arcóseos, de idade Aptiano-Albiano. Sobre este espesso pacote de sedimentos continentais ocorre uma plataforma carbonática, a Formação Estiva, de idade Cenomaniano?- Turoniano. Cortando as formações Cabo e Estiva ocorre a Suíte Ipojuca, representada por rochas intrusivas. No topo da seção ocorre a Formação Algoduais, representada por leques aluviais de idade Santoniano?-Paleoceno? (Lima Filho, 1998). Estruturalmente, verificou-se através de seções sísmicas que a Bacia da Paraíba corresponde a uma rampa estrutural flexionada, sem aspectos típicos de uma bacia *rift*, já a Bacia Pernambuco apresenta complexo sistema de falhas de gravidade, com a ocorrência de espesso preenchimento sedimentar de *grabens* profundos.

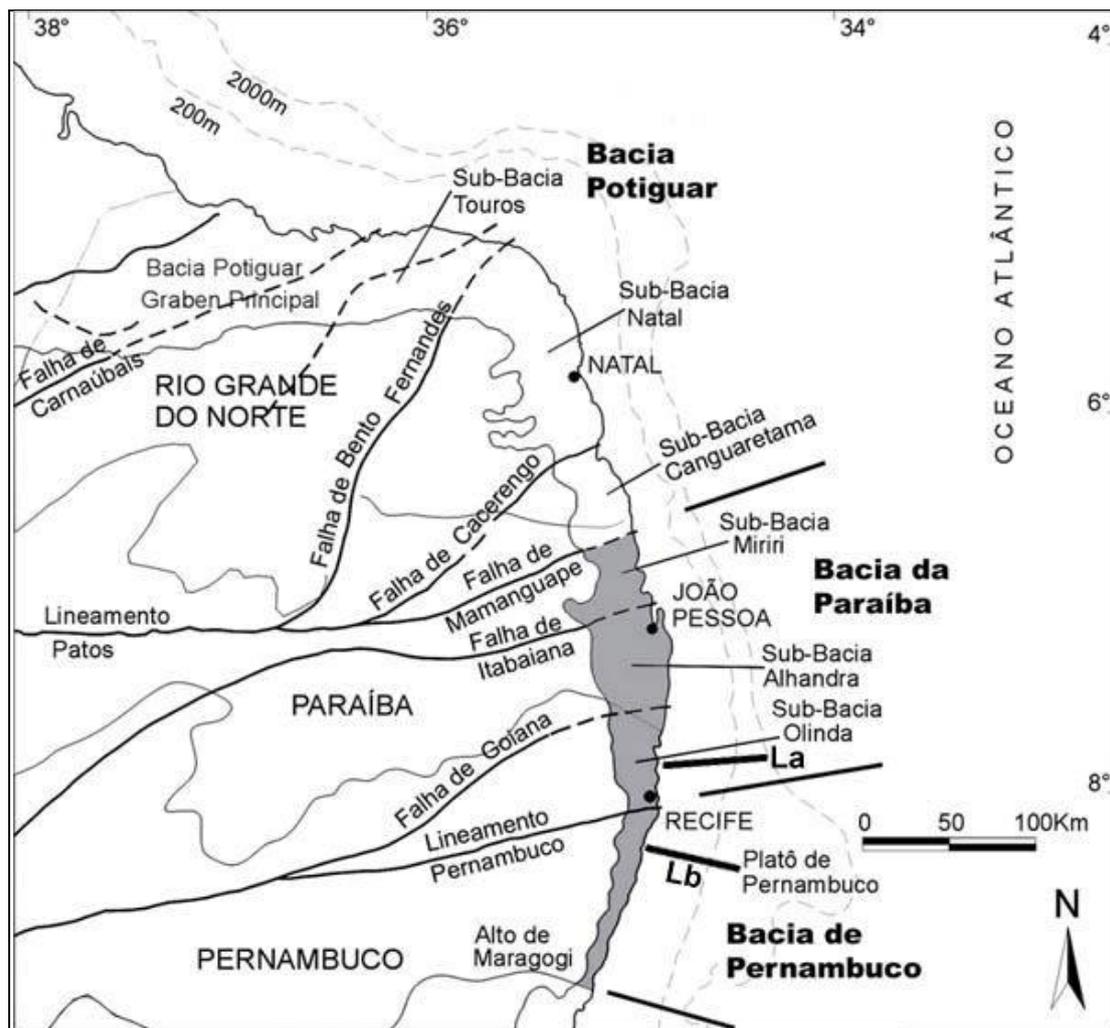


Fig. 5.5 – Localização da faixa costeira que abrange as bacias de Pernambuco e da Paraíba. A Bacia da Paraíba está dividida em Sub-bacias (Mabesoone & Alheiros, 1988, Barbosa, 2004). La – linha sísmica na Bacia da Paraíba; Lb – linha sísmica na Bacia de Pernambuco.

#### 5.4 - PLANÍCIE DO RECIFE (SEDIMENTOS RECENTES DO QUATERNÁRIO)

Caracterizam-se por areias variadas, argilas, limos e vasa, de origem continental ou marinha, ocorrendo nos vales dos rios, ao longo das praias, em zonas de mangue, recobrando quase toda a Planície do Recife.

Alguns desses sedimentos ocorrem também ao longo da Região Metropolitana do Recife, contudo são particularmente desenvolvidos em quase toda Planície do Recife onde receberam em superfície a designação de sedimentos não identificados; Costa *et al.* (1994) os denominaram em subsuperfície de Aquífero Boa Viagem .

Estes sedimentos sobrepõem-se aos sedimentos cretáceos e terciários das duas bacias sedimentares que ocorrem na área, possuem uma espessura variando entre 50

e 90 m. Embora constituam localmente bons armazenadores de águas subterrâneas, sua importância como aquífero na Planície do Recife fica comprometida em razão da sua vulnerabilidade à contaminação por águas salinizadas e/ou poluídas.

#### 5.5 - COBERTURAS INCONSOLIDADAS

As aluviões apresentam-se de duas formas: ao longo dos leitos e margens dos maiores cursos d'água e em bacias de inundação desses córregos e rios, nas áreas mais aplainadas. No primeiro caso, os depósitos são essencialmente arenosos, de textura variada em função da competência do curso d'água e geralmente não apresentam grandes espessuras. No segundo caso, esses materiais são predominantemente finos, com boa representação da fração argilosa e podem alcançar maiores espessuras. As espessuras desses materiais não foram devidamente comprovadas, contudo, no que tudo indica, não devem ultrapassar os 50m.

Os depósitos de vertentes incluem os colúvios e os talus. No domínio do Embasamento Cristalino são comuns as coberturas colúviais resultantes de erosão laminar nas encostas, que se interdigitam nas baixadas com sedimentos aluviais.

São geralmente areno-argilosas e com coloração amarelada a avermelhada. No domínio das sequências metavulcânicas sedimentares, os colúvios encontram-se parcialmente lateritizados e incluem diversos materiais resultantes de fluxos torrenciais. Os talus são geralmente espessos e incluem blocos e matacões de composição variada, muitas vezes recobertos por colúvios.

Finalmente, complementam as coberturas inconsolidadas os materiais autóctones resultantes da alteração *in situ* das rochas locais. São os elúvios que recobrem indistintamente as diferentes litologias, com características texturais e de coloração variáveis em função da rocha que lhe deu origem.

#### 5.6 - EMBASAMENTO CRISTALINO (PRÉ-CAMBRIANO)

É representado pelo Maciço Pernambuco-Alagoas, que mergulha para leste com inclinação da ordem de 28m/Km com uma suave inclinação para sudeste, oscilando entre os valores de 8 e 14m/Km (Batista, 1984). É constituído por litotipos dos Complexos Gnáissico-Migmatítico, Belém do São Francisco e Vertentes de idade Pré-Cambriana, além de granitóides diversos, aflorantes ou recobertas por sedimentos meso-cenozóicos das bacias sedimentares costeiras Paraíba e Pernambuco.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico do Paleoproterozóico, situado a norte do Lineamento Pernambuco e a oeste da Bacia sedimentar costeira da Paraíba, constituído por ortognaisses de composição granítica a tonalítica, por vezes monzoníticos e dioríticos, migmatizados, não individualizados.

O Complexo Belém de São Francisco, de idade mesoproterozóica, é constituído por ortognaisses e migmatitos com relíquias de supracrustais.

O Complexo Vertentes, de idade mesoproterozóica, localizado numa pequena porção do extremo NW da RMR, a sul de Araçoiaba, constituído por uma sequência metavulcano-sedimentar, que inclui quartzitos, metapelitos e metavulcânicas diversas (Santos 2000).

Na região a sul do LP ocorrem batólitos granitóides, constituídos por leucogranitos, sienitos, monzonitos, granodiontos e quartzodioritos.

## 6. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMR).

A caracterização hidrogeológica da RMR constou, inicialmente, da identificação e descrição dos principais sistemas aquíferos, baseada nas informações geológicas disponíveis e nos dados dos poços.

Os seguintes aspectos foram abordados:

- Geologia - aspectos litológicos e estruturais das unidades hidrogeológicas e sua inserção regional; características das formações superficiais; apresentação da base geológica regional.
- Identificação e caracterização dos domínios aquíferos - tipos de aquíferos, sua distribuição e áreas de ocorrência, condições de contorno e limites; características hidráulicas (permeabilidade, transmissividade e porosidade efetiva); dados dos pontos de água existentes (fontes, nascentes e poços tubulares); capacidade específica dos poços e vazão; definição do modelo hidrogeológico (identificação das áreas de recarga e descarga, direções de fluxo ou escoamento).

Os diversos aquíferos existentes na RMR podem ser enquadrados em domínios hidrogeológicos correlativos aos compartimentos geológicos descritos no capítulo 5: Bacia Pernambuco; Bacia Paraíba; Planície do Recife e o Embasamento Cristalino.

Segundo Santos 2000 a RMR possui quatro domínios hidrogeológicos, baseados em suas diferentes situações geológicas e hidrogeológicas que são:

- 1º - Domínio da Planície do Recife;
- 2º - Domínio da Bacia Sedimentar Pernambuco;
- 3º - Domínio da Bacia Sedimentar Paraíba;
- 4º - Domínio do Embasamento Cristalino.

As águas subterrâneas vêm sendo exploradas há mais de 60 anos, na área objeto deste estudo. Porém, nas últimas duas décadas, houve um aumento significativo das perfurações de poços devido, principalmente, ao déficit hídrico motivado pelo crescimento populacional (com aumento do consumo de água) e à ocorrência de períodos prolongados de seca (com diminuição da oferta de água), somando-se a essas razões o baixo custo da instalação dos poços tubulares para captação de água subterrânea e a rapidez com que a mesma é realizada.

Manoel Filho (2004), com base nas informações dos perfis litológicos dos poços de captação de água existentes na RMR que mostra alternâncias entre areias e argilas, e se distribui de maneira descontínua e irregular no espaço, interpreta todo esse pacote de sedimentos como fazendo parte, regionalmente, de um sistema aquífero único, que a alternância de camadas permeáveis e pouco permeáveis funciona como um

complexo sistema multiaquífero, ou seja, de “camadas aquíferas” livres, semi-livres e semi-confinadas, aconselha mais apropriado denominar esse conjunto de “aquífero Recife”.

Assim, com base na revisão bibliográfica das características geomorfológicas, geológicas e hidrogeológicas observadas na Região Metropolitana de Recife, para o presente trabalho adotou-se a definição proposta por Santos(2000):

- Planície do Recife
- Bacia Pernambuco
- Bacia Paraíba
- Embasamento Cristalino

## 6.1 - DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO DA PLANÍCIE DO RECIFE

Este Domínio Hidrogeológico localiza-se no núcleo urbano da RMR, região centro leste e contempla quatro aquíferos principais, o Boa Viagem que recobre os Aquíferos Itamaracá e Beberibe na área centro norte da planície, o Aquífero Cabo na parte sul, e o Embasamento Cristalino na área oeste. A figura 6.1 ilustra o domínio da planície do Recife, segundo Costa *et al.* (2002).

O sistema aquífero da planície do Recife constitui-se essencialmente por quatro camadas aquíferas. A partir da superfície, o aquífero Boa Viagem de idade Quaternária que se apresenta de forma freática ou livre, facilmente explotável, desempenhando papel fundamental de recarga. Posteriormente aparecem os aquíferos Cabo, Itamaracá e Beberibe; trata-se de formações cretáceas resultantes das várias invasões e regressões do mar no ambiente lacustre existente nesta região à época, conseqüentemente ocorrem às alternâncias de camadas argilosas, siltosas e arenosas, devida à sedimentação ter ocorrido em ambiente marinho ou fluvial-continental. As formações argilosas resultantes não possuem uma estrutura contínua, formando camadas lenticulares de até alguns metros de espessura (Correia, 2006).

Neste domínio os sedimentos da Bacia Sedimentar Paraíba são caracterizados pela ausência da Formação Maria Farinha que apenas aparece a partir de Olinda, e pelo modo de ocorrência da Formação Gramame que aparece em subsuperfície como camadas e/ou lentes delgadas em áreas restritas da porção nordeste na Planície do Recife. Os sedimentos da Formação Beberibe constituem o aquífero mais explotado neste domínio.

A alimentação das águas subterrâneas na Planície do Recife é feita por infiltração das águas pluviais, fluviais e lacustrinas existentes neste domínio hidrogeológico, e os seus principais exutórios são o oceano Atlântico, a evapotranspiração, os rios

Capibaribe, Beberibe e Jaboatão e a lagoa Olho d'Água, além dos exutórios artificiais representados pelos poços.

Sua distribuição em sub-superfície indica a possibilidade de conexão hidráulica com o Oceano Atlântico e lagoa Olho d'Água, e localmente com as areias basais dos Sedimentos de Praia e sedimentos do aquífero Boa Viagem.

Nesta planície costeira, os aquíferos encontram-se mais vulneráveis às contaminações antrópicas do meio urbano, decorrentes da rede de esgoto, galerias fluviais e salinização por intrusão marinha.

A maioria dos poços perfurados neste domínio possuem profundidades médias de 150 metros e máximas de 220 metros. As vazões de exploração e específica média, nestes poços, variam entre 7 a 19 m<sup>3</sup>/h e 0,5 a 4,5 m<sup>3</sup>/h/m, respectivamente para os principais aquíferos explorados (aquífero Cabo e Beberibe). A sequência dos aquíferos existentes neste domínio foi descrita por Costa *et al.* (2002), e está ilustrada na tabela 6.1.

A segunda formação aquífera mais explorada na RMR, são os sedimentos da Formação Cabo, que pertencem a Bacia Vulcano-Sedimentar de Pernambuco.

Neste Domínio Hidrogeológico na porção sul, o aquífero Cabo é o mais explorado em profundidade até o limite com o substrato impermeável do derrame basáltico da Suíte Ipojuca.

Costa *et al.* (1998), determinaram através de ensaios de bombeamento, parâmetros hidrodinâmicos para os aquíferos da planície do Recife. As análises feitas indicaram que o aquífero Cabo possui transmissividade de  $8,6 \times 10^{-4}$ , enquanto o aquífero Beberibe apresenta uma transmissividade de valor  $2,2 \times 10^{-3}$ . Isto decorre do fato do aquífero Cabo possuir menor permeabilidade devido à presença de uma matriz argilosa (arenito arcoseano). A Tabela 6.2 resume os valores médios dos parâmetros hidrodinâmicos para estes aquíferos.

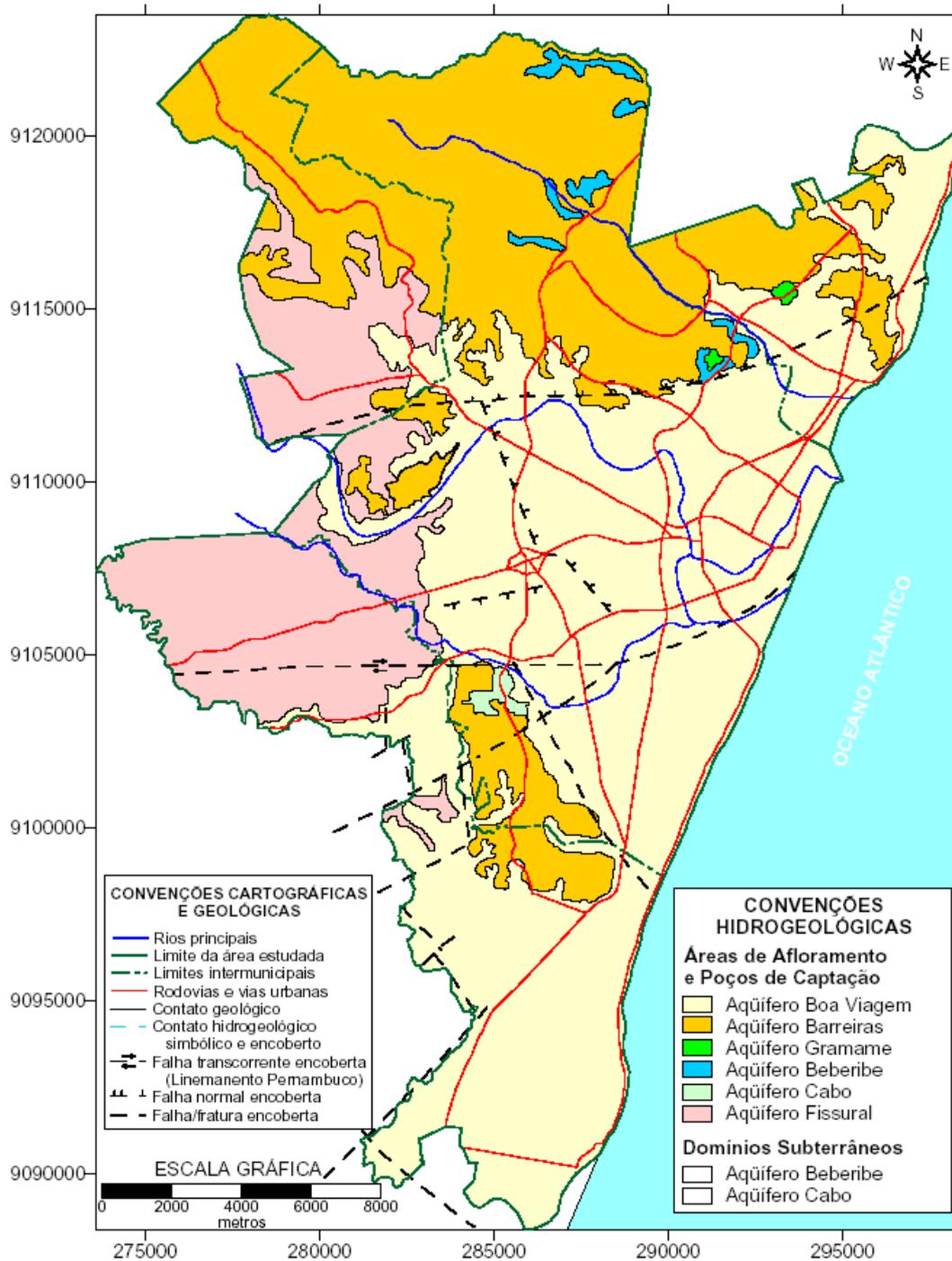


FIGURA 6.1 – Mapa hidrogeológico do domínio da planície do Recife (Costa *et al.*, 2002).

Tabela 6.1 - Características hidrogeológicas dos aquíferos da Planície do Recife (Costa *et al.* 1998).

Idade	Aquífero	Espessura		Geologia
		Média (m)		
Quaternário	Boa Viagem	40		Areias, siltes e argilas
Cretáceo Superior	Itamaracá	30		Arenitos calcíferos, duros e compactos
Cretáceo Superior	Beberibe	80		Arenitos com intercalações de siltitos e argilitos
Cretáceo Inferior	Cabo	90		Arenitos, siltitos e argilitos.

Tabela 6.2 - Parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos da Planície do Recife (Costa *et al.*, 1998).

Parâmetros hidrodinâmicos	Aquíferos		
	Boa Viagem	Beberibe e Itamaracá	Cabo
Transmissividade (m <sup>2</sup> /s)	7,0x10 <sup>-3</sup>	2,2x10 <sup>-3</sup>	8,6x10 <sup>-4</sup>
Condutividade Hidráulica (m/s)	1,7x10 <sup>-4</sup>	2,2x10 <sup>-5</sup>	1x10 <sup>-5</sup>
Porosidade eficaz (%)	10	10	7
Coeficiente de armazenamento	-	2,0x10 <sup>-4</sup>	1,0x10 <sup>-4</sup>

Monteiro (2000), através de estudos com modelagem matemática do fluxo subterrâneo nos aquíferos da Planície do Recife e seus encaixes através de informações de campo de mais de mil poços tubulares com dados do projeto

HIDROREC e da Secretaria de Recursos Hídricos, simulou três diferentes cenários de exploração com alcance até o ano de 2010 para os aquíferos Cabo e Beberibe.

Foram consideradas para efeito de modelagem 3 camadas: Camada 1 (aquífero Boa Viagem), Camada 2 (camada semiconfinante) e Camada 3 (aquíferos Beberibe e Cabo). O aquífero Cárstico Gramame foi considerado como lentes delgadas dentro da Camada 3. O aquífero Barreiras não foi considerado diretamente no modelo por falta de dados, mas seu aporte de água foi adicionado à Camada 3.

- Cenário 1 - Com todos os poços da área modelada bombeando a descarga atual, o modelo aconselha a manutenção dessa descarga uma vez que o rebaixamento acentuado registrado até 1999 é atenuado com a cessação do aumento das vazões diárias retiradas através de novos poços acarretando uma estabilização das atuais cargas potenciométricas em 2010.

- Cenário 2 - Neste cenário simulou-se a evolução dos rebaixamentos das cargas potenciométricas na camada dos aquíferos Cabo e Beberibe, caso se aumente a retirada diária no bairro de Boa Viagem em dobro até 2010 já a partir do ano 2000. Os resultados obtidos mostram que a duplicação da retirada diária levaria a exaustão do aquífero Cabo nos bairros de Boa Viagem, Pina e parte de Piedade.

- Cenário 3 - Neste cenário simulou-se a evolução dos rebaixamentos das cargas potenciométricas se diminuirmos a metade a retirada diária no bairro de Boa Viagem até 2010 já a partir do ano 2000. Ficou configurado uma recuperação geral dos níveis do aquífero Cabo nos bairros do Pina, Boa Viagem, Piedade e Candeias.

#### 6.1.1 - Aquífero Boa Viagem

Segundo Costa *et al.* (1994), este aquífero ocorre em subsuperfície, sendo composto basicamente por sedimentos de aluviões, dunas, sedimentos de praia mangues, além dos depósitos retrabalhados da Formação Barreiras. Aflora em quase toda a superfície da planície do Recife, recobrando os sedimentos do aquífero Beberibe e Cabo. Na região oeste da Planície do Recife o aquífero Boa Viagem é mais explorado através de poços tubulares, e está assentado diretamente sobre o embasamento cristalino, chegando a atingir 50, como é o caso dos bairros do Curado, Cidade Universitária, Várzea, Engenho do Meio, Caxangá e Dois Irmãos.

Além da exploração por poços com profundidade superiores a 20m, esse aquífero é intensamente captado por poços rasos, possuindo, somente no Recife à época da pesquisa do HIDROREC II no ano de 2002, mais de 8.000 poços, entre poços tubulares e poços amazonas, em 2012 estima-se um número na ordem de 9.500

poços. Os níveis estáticos estão indicados na figura 6.2, onde se observa uma variação entre 1 a 5m na maior parte da área.

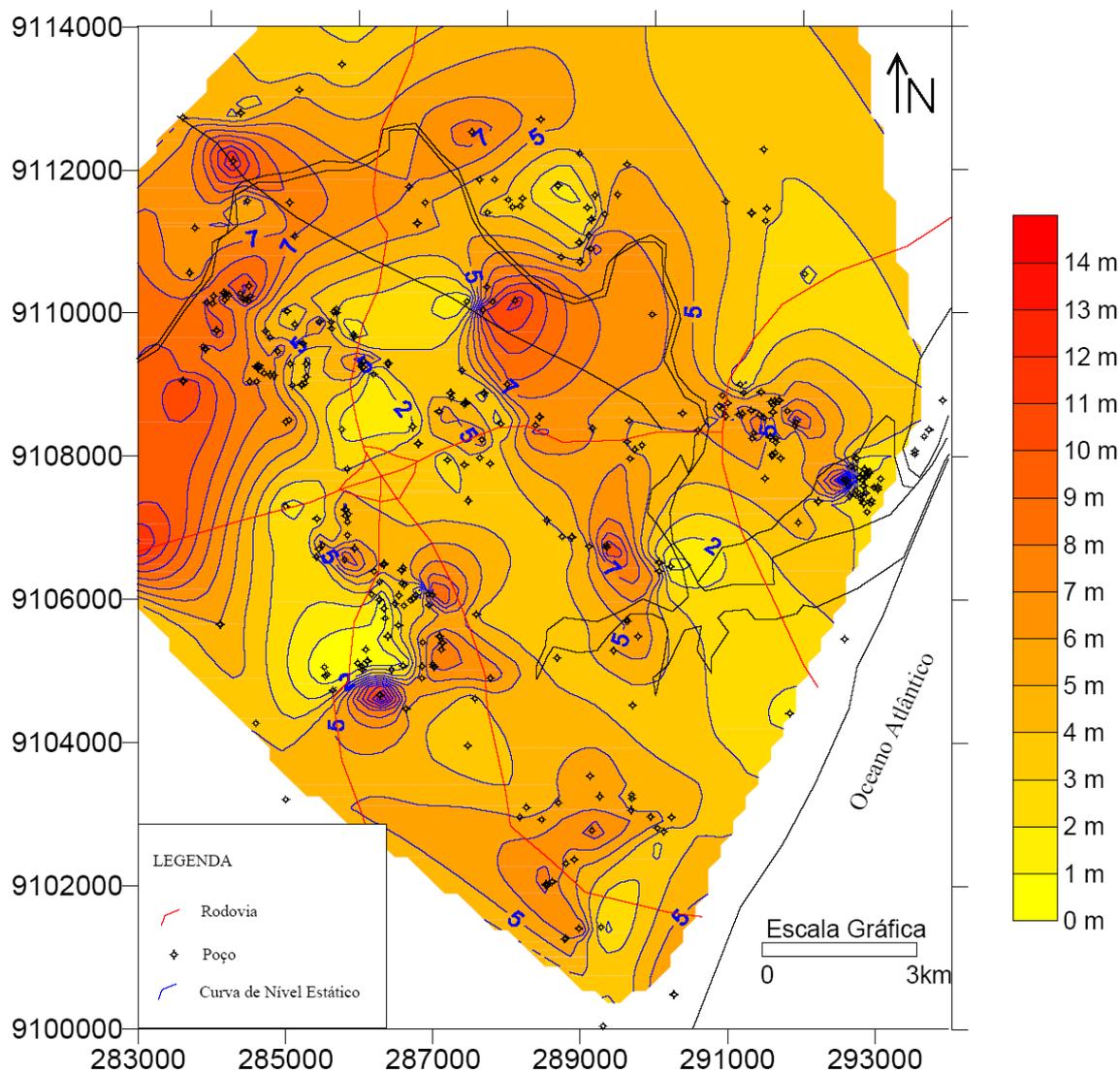


Figura 6.2 – Mapa de nível estático do Aquífero Boa Viagem na região do município do Recife. Fonte: (Costa *et al.*, 2002).

Em função do baixo número de testes de aquífero e produção realizados no aquífero Boa Viagem, seus parâmetros hidrodinâmicos ainda são pouco conhecidos.

Devido a essa falta de informações técnicas, torna-se difícil se estabelecer com precisão que trecho de drenagem é influente ou efluente. Batista, (1984) concluiu que a contribuição dos rios ao aquífero ocorre apenas na região noroeste da planície, nas imediações do Caxangá Golf Club. Excluindo essa região, é o aquífero que fornece água para os rios, desde que a intensa exploração assim o permita.

De acordo com Costa *et al.* (1994), considerando a área de 112,5 Km<sup>2</sup> da Planície do Recife, a variação anual da superfície potenciométrica de 2,5m, a precipitação anual de 2.254 mm/ano e uma porosidade eficaz da ordem de 10%, a taxa de infiltração calculada ficou em 11%.

A partir da equação  $R = A \times Ds \times m$ , onde A = área do aquífero em m<sup>2</sup>, Ds = variação de altura da superfície potenciométrica no ano em metros e m = porosidade eficaz do sistema aquífero (adimensional), foi possível calcular a recarga anual dos Sistemas Aquíferos Beberibe/Cabo+ Cabo/Boa Viagem na planície do Recife, chegando-se ao valor de  $28,12 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano (Costa *et.a.*, 2002).

Uma parte da recarga anual do aquífero é drenada para os exutórios naturais, representados pelos rios, outra parte é drenada para os exutórios artificiais representados pela superexploração dos poços da região.

As principais características do aquífero Boa Viagem neste domínio hidrogeológico estão referenciadas na tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Principais Características do Aquífero Boa Viagem (Costa *et.al.*, 1998).

<b>PARÂMETROS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Granulometria dos sedimentos	Alternância de areias e argilas
Cimentação dos sedimentos	Argilosa ou ausente
Diagênese	Incipiente a nula
Material orgânico	Conchas recentes, restos de madeira de paleo-mangues.
Angulosidade/Arredondamento dos grãos	Sub-anguloso
Composição mineral	Quartzo, feldspato, fragmentos de rochas cristalinas.
Resistência à penetração	Baixa resistência
Condutividade hidráulica ou permeabilidade	Baixa a resistência *
Transmissividade	Baixa a resistência *
Coefficiente de armazenamento ou porosidade eficaz (aquífero livre).	Baixa a resistência *
Vazões	Baixa a elevada com média em torno 17 m <sup>3</sup> /h.
Vazões Específicas	Elevadas (4,5 m <sup>3</sup> /h/m em média).

\* De acordo com a litologia dominante.

De acordo com os estudos realizados pelo Hidrorec II em 2002, o valor para a vazão de escoamento natural encontrado foi da ordem de 35 milhões de metros cúbicos ao ano, ou seja 1,12 m<sup>3</sup>/s, com valores de 0,369 m<sup>3</sup>/s para o exutório natural, e valores de 0,37 m<sup>3</sup>/s para o exutório artificial, gerando um excedente no balanço hídrico de 0,381 m<sup>3</sup>/s. As águas desse aquífero são do tipo cloretada sódica.

### 6.1.2 - Aquífero Itamaracá

O aquífero Itamaracá é caracterizado, sobretudo, pela presença de uma sequência clástica calcífera. É constituído principalmente de arenitos de cor predominantemente cinza, mais raramente creme-amarelada. A granulação varia de muito fina a grosseira, com raros níveis conglomeráticos. O caráter argiloso ou siltico da matriz pode estar presente em diversos níveis. O cimento calcífero é uma constante, com teor de carbonato aumentando da base para o topo. Na base da sequência, podem ocorrer horizontes geralmente pouco espessos de folhelho cinza, muitas vezes arenosos ou silticos, calcíferos, que, com muita frequência, constituem o limite entre os membros superior e inferior da formação.

O limite entre o aquífero Itamaracá e o aquífero Beberibe, pelo que se pôde verificar através dos perfis de diversos poços perfurados no Domínio da Planície do Recife, é marcado por uma camada de folhelho não muito espessa ou interdigitado. As águas desse aquífero são do tipo bicarbonatada cálcica.

### 6.1.3 - Aquífero Beberibe

Representa o aquífero mais importante deste domínio hidrogeológico, constituindo-se no principal manancial hídrico subterrâneo da RMR, possuindo as melhores condições hidrodinâmicas e hidroquímicas. Vem sendo amplamente utilizado para abastecimento d'água quer por particulares, como também para o abastecimento público através da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Encontra-se limitado a sul pelo lineamento Pernambuco e a oeste pelo embasamento cristalino, possui uma espessura média de 80 metros, aumentando no sentido de oeste para leste em direção ao oceano Atlântico, atingindo uma espessura de 150 metros na zona de praia entre as praias de Brasília Teimosa e Olinda.

Na Planície do Recife, o aquífero Beberibe se limita ao sul com o aquífero Cabo, em decorrência do lineamento Pernambuco. A oeste finda no falhamento normal que ocorre na altura do Engenho do Meio, se estende ao norte por todo estado da Paraíba, e a leste se estende na plataforma continental, sob o oceano Atlântico (Costa *et al.*, 2002).

Neste domínio, o aquífero Beberibe é passível de contaminação por águas salinizadas através dos seguintes fenômenos:

- Por ruptura do revestimento de poços antigos.
- Transferências de águas salinizadas do aquífero Boa Viagem por processos de filtração vertical na zonas mais permeáveis, induzidos pela diminuição das cargas

potenciométricas do aquífero Beberibe, em decorrência dos superbombeamentos localizados ocorridos;

- Contaminação do aquífero Beberibe por águas salinizadas do aquífero Boa Viagem através de poços antigos abandonados e mal construídos, onde não se procedeu de forma eficaz o isolamento das camadas superiores por cimentação.

A hipótese de salinização por intrusão marinha atualmente é excluída pelo fato de existirem poços no aquífero Beberibe ao longo da linha da costa que produzem água doce com baixos valores de resíduos.

Neste domínio, a recarga do aquífero Beberibe é efetuada exclusivamente pela passagem de águas das camadas permeáveis que lhe são sobrejacentes, pois a Formação Beberibe não aflora nesta porção da RMR. As principais características do aquífero Beberibe neste Domínio Hidrogeológico, estão a seguir descritos (tabela 6.4).

As águas desse aquífero são do tipo cloretada sódica.

Tabela 6.4 - Principais Características do Aquífero Beberibe(Costa *et al.*, 1998)

PARÂMETROS	CARACTERÍSTICAS
Granulometria dos sedimentos	Predominância de arenitos
Cimentação dos sedimentos	Carbonática
Diagênese	Fraca a média
Material orgânico	Inexistentes ou restos fosfatados.
Angulosidade/Arredondamento dos grãos	Semi-arredondado
Composição mineral	Quartzo
Resistência à penetração	Resistência média a elevada
Condutividade hidráulica e permeabilidade.	Média a elevada
Transmissividade	Média
Coeficiente de armazenamento ou porosidade eficaz (aquífero livre).	Médio
Vazões	Elevadas com valores médios de 18 m <sup>3</sup> /h
Vazões Específicas	Regular a boa com média em torno 3 m <sup>3</sup> /h/m

#### 6.1.4 - Aquífero Cabo

Possui baixa permeabilidade devido à presença de material siltico-argiloso, ocorrendo na porção sul da RMR. Limita-se ao norte pelo Lineamento Pernambuco e a oeste pelo embasamento cristalino.

De uma maneira geral, o aquífero Cabo possui muitas “fácies granulométricas”, indo desde o conglomerado polimictico da base, passando pelo arenito arcoseano e indo até a camada de argila (Costa *et al.*, 2002). Na área de Boa Viagem a única dessas fácies que não está presente é a conglomerática. Essa variação faciológica ocorre tanto na vertical quanto na horizontal, fazendo com que a permeabilidade se apresente maior onde predominam as fácies arenosas, e com permeabilidade menor, onde predominam as fácies siltico-argilosas (Costa *et al.*, 2002)

Neste domínio ocorrem áreas com super-exploração desse aquífero, mostrando curvas potenciométricas fechadas com inversões das cargas potenciométricas, que acarretam drenança vertical descendente de águas salinizadas do aquífero Boa Viagem, contaminando o aquífero Cabo.

Na região entre os bairros do Pina, Boa Viagem e Piedade, as águas originalmente de boa qualidade química vêm sendo gradativamente contaminadas por águas salinizadas de camadas superiores e/ou inferiores através de drenança vertical descendente e/ou ascendente, em decorrência dessa superexploração, como também através de poços mal construídos e abandonados.

Ocorre uma grande concentração de poços no bairro de Boa Viagem, acarretando um rebaixamento muito acentuado do nível potenciométrico do aquífero Cabo muitas vezes superior a 70m devido a essa super exploração

Para essa formação aquífera o valor médio obtido para a permeabilidade na planície do Recife é baixa, refletindo o elevado teor de finos principalmente argilas, e uma compacidade elevada e/ou diminuição da sua permeabilidade em profundidade por influência do derrame basáltico da Formação Ipojuca. Na tabela 6.5 encontram-se as principais características do aquífero Cabo. As águas desse aquífero são do tipo bicarbonatata cálcica.

Tabela 6.5 - Principais Características do Aquífero Cabo(Costa *et.al.*, 1998)

<b>PARÂMETROS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Granulometria dos sedimentos	Predominância de arenitos argilosos
Cimentação dos sedimentos	Argila
Diagênese	Fraca a média
Material orgânico	Existentes
Angulosidade/Arredondamento dos grãos	Arredondado a subarredondado
Composição mineral	Quartzo e argilo-minerais
Resistência à penetração	Resistência regular a forte
Condutividade hidráulica ou permeabilidade.	Média a baixa
Coeficiente de transmissividade	Regular
Coeficiente de armazenamento ou porosidade eficaz (aquífero livre).	Regular
Vazões	Inferiores a 10 m <sup>3</sup> /h
Vazões Específicas	Baixas ( < 1 m <sup>3</sup> /h/m ).

## 6.2 - DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA PARAÍBA

Localiza-se na porção nordeste da RMR abrangendo quase a totalidade da bacia Paraíba na RMR, perfazendo uma área de 790 km<sup>2</sup>. O embasamento desta bacia sedimentar, apresenta uma disposição muito regular e uniforme, com mergulho em direção à costa de 20 a 35 m/Km.

Neste domínio hidrogeológico ocorrem quatro aquíferos: o Beberibe, o Itamaracá, o Barreiras e os dos Sedimentos Diversos (tabela 6.6).

Tabela 6.6 - Sequência dos Aquíferos do Domínio da Bacia Paraíba

<b>Idade</b>	<b>Aquífero</b>	<b>Espessura Média (m)</b>	<b>Constituição Litológica</b>
Quaternário	Sedimentos diversos	20	Areias, siltes e argilas
Tercio-Quaternário	Barreiras	50	Arenitos argilosos e argilas
Cretáceo	Itamaracá	80	Arenitos, siltitos e argilitos.
Cretáceo	Beberibe	160	Arenitos, siltitos e argilitos.

Fonte, Santos, A. C., 2000, modificado.

O mais importante recurso subterrâneo deste domínio é representado pelo aquífero Beberibe, que possui água de boa qualidade físico-química e vem sendo constantemente explorado para fins de abastecimento público pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Em 1982 foi estimada pela COMPESA/ACQUA-PLAN uma reserva de  $10 \times 10^9 \text{ m}^3$  para o aquífero Beberibe, constituindo-se na maior reserva de água subterrânea da RMR.

O aquífero Beberibe na sua porção confinada ocorre mais preservado e protegido de fontes de contaminações superficiais, principalmente pelas camadas contínuas e selantes das Formações Gramame e Maria Farinha que lhe são sobrejacentes, as quais se apresentam com grande espessura e reduzida permeabilidade vertical.

A tabela 6.7 mostra as características médias dos poços perfurados nos aquíferos do domínio da bacia Paraíba.

Tabela 6.7 - Características Médias dos Poços Perfurados nos Aquíferos do Domínio da Bacia Paraíba.

PARÂMETROS	AQUÍFEROS			
	Beberibe	Itamaracá	Barreiras	Sedimentos Diversos
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	58	10	16	25
Nível Estático (m)	35	30	13	4
Nível Dinâmico (m)	55	51	24	13
Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	3,1	2,7	1,9	5,4
Profundidade (m)	228	110	51	18
Resíduo Seco (mg/l)	150	450	165	< 500
Área de Ocorrência (km <sup>2</sup> )	360	360	550	100

Fonte: Santos, A. C., 2000, modificado.

#### 6.2.1 - Aquífero dos Sedimentos Diversos

Compreende todas as coberturas de origem coluvial e eluvial, os cordões de dunas ao longo da costa e os aluviões recentes ocorrentes ao longo dos rios e riachos deste domínio aquífero. Foram agrupados em uma única unidade hidrogeológica, devido a difícil separação destes depósitos com as mais variadas litologias.

Sua distribuição e forma espacial são bastante variadas, condicionadas às suas áreas de ocorrência e posicionamento topográfico. Sua importância hidrogeológica é reduzida restringindo-se às áreas localizadas, principalmente na zona urbana e ao longo do litoral, onde são explorados por poços rasos, cacimbas, poços amazonas e cacimbões.

Sua vulnerabilidade à contaminação por águas salinizadas e /ou poluídas é elevada em função de suas características de aquíferos superficiais pouco profundos e com horizontes muito permeáveis. Via de regra se apresenta como um sistema aquífero livre, heterogêneo e poroso.

### 6.2.2 - Aquífero Barreiras

É constituído por uma sequência predominantemente areno-argilosa distribuída numa faixa de largura variável e contínua ao longo da borda oeste desse domínio hidrogeológico, estando depositado sobre o paleo-relevo do embasamento cristalino e dos sedimentos da Bacia PE-PB, apresentando espessuras variáveis em torno de 50m.

Aparece com maior importância hidrogeológica quando ocorre sobreposto às rochas do embasamento cristalino, principalmente na zona rural, onde é explotado por cacimbas e poços amazonas.

A faixa de ocorrência de maior frequência dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Barreiras no Domínio Hidrogeológico da planície do Recife são para a condutividade hidráulica  $1,08 \times 10^{-4}$  a  $5,94 \times 10^{-5}$  m/s e para a transmissividade são  $9,26 \times 10^{-5}$  a  $1,96 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s.

Sua produtividade pode ser considerada como média, com vazão específica média, em torno de 1,9 m<sup>3</sup>/h/m e vazões médias dos poços variáveis em torno de 16 m<sup>3</sup>/h.

A qualidade da água é boa, com média de Sólidos Totais Dissolvidos da ordem de 165 mg/L, sendo do tipo cloretada sódica. Provavelmente o aquífero Barreiras através de drenança vertical descendente, alimenta o aquífero Beberibe nas áreas onde lhe recobre.

### 6.2.3 - Aquífero Itamaracá

O aquífero Itamaracá é também confinado, separado do aquífero Beberibe por um "aquitard" e no topo por calcários da Formação Gramame e Maria Farinha ou sedimentos da Formação Barreiras.

Apresenta uma disposição muito regular e uniforme, com mergulho em direção à costa de 20 a 35 m/Km. Suas águas são do tipo bicarbonatada cálcica.

### 6.2.4 - Aquífero Beberibe

O aquífero Beberibe é representado, por uma sequência de arenitos de granulação variada, constituída por clastos de natureza silicosa, é confinado, limitado na base por um nível impermeável (substrato de rochas cristalinas precambrianas), e no topo por uma camada ou nível semipermeável que funciona como um "aquitard", que grada

progressivamente para sedimentos calcíferos do Aquífero Itamaracá, chegando à faixa litorânea a atingir mais de 180m de espessura.

Há muito que o aquífero Beberibe vem sendo super-explotado em áreas restritas para abastecimento da RMR norte, acarretando uma significativa redução da sua carga potenciométrica nestas áreas.

A produtividade do aquífero é elevada a média, apresentando os poços que captam água com uma vazão específica média em torno de 3 m<sup>3</sup>/h/m e vazões médias de 58 m<sup>3</sup>/h. São águas de composição cloretada sódica, de boa qualidade físico-química, com sólidos totais dissolvidos médios de 150 mg/L; são águas brandas, com dureza inferior a 30 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, com média de 10,8 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Entre os cátions predominam os alcalinos sódio e potássio, com baixas concentrações de cálcio e magnésio.

A recarga do aquífero Beberibe ocorre principalmente por infiltração da precipitação pluviométrica na zona de afloramento da Formação Beberibe e por filtração vertical descendente da Formação Itamaracá.

### 6.3 - DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA PERNAMBUCO

Localiza-se na região sudeste da RMR, englobando uma área com cerca de 300 km<sup>2</sup> (11% da RMR), correspondendo geologicamente à Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo.

Este domínio é constituído por uma bacia sedimentar com alternância de formações geológicas de composições litológicas que vão desde arenitos a derrames basálticos. Os principais aquíferos ocorrentes neste domínio estão referenciados na tabela 6.8, na ordem do mais recente para o mais antigo.

Tabela 6.8- Sequência dos Aquíferos do Domínio da Bacia Pernambuco

<b>IDADE</b>	<b>AQUÍFERO</b>	<b>ESPESSURA MÉDIA (m)</b>	<b>CONSTITUIÇÃO LITOLÓGICA</b>
Quaternário	Sedimentos diversos	20	Areias, siltes e argilas
Tercio-Quaternário	Barreiras	40 – 60	Arenitos, areias e argilas
Coniaciano	Algadoais	80	Arenitos
Cretáceo Inferior	Cabo	>1.000	Conglomerados arcoseanos, arenitos, siltitos e argilitos.

Embora pouco estudados e explorados, esses sistemas aquíferos desempenham um papel importante na região, pois, a grande maioria da população rural é abastecida através de poços rasos e cacimbas.

#### 6.3.1 - Aquífero dos Sedimentos Diversos

São sedimentos aluvionares, de praia e terraços marinhos holocênicos e pleistocênico que ocorrem principalmente em áreas restritas de pequenas extensões ao longo da faixa costeira de praia. São bastante explorados, através de poços rasos com pequenas vazões (1 a 2 m<sup>3</sup>/h), por condomínios, residências e hotéis situados ao longo das principais praias do litoral norte da RMR.

Os estudos existentes e os dados atuais não permitem avaliar com segurança as reservas, potencialidades e disponibilidades dos recursos hídricos subterrâneos para esse aquífero.

### 6.3.2 - Aquífero Barreiras

Apresenta-se muito limitado neste domínio, ocorrendo em área restrita sob a forma de morros isolados sobre os sedimentos da bacia Cabo, e por sua baixa vocação hidrogeológica vem sendo muito pouco explorado para abastecimento humano.

Sua produtividade varia de média a fraca, apresentando os poços vazão específica entre 1 e 0,13 m<sup>3</sup>/h/m e a vazões em torno de 3,2 m<sup>3</sup>/h para um rebaixamento do nível d'água de 25m. Suas águas são do tipo cloretada sódica.

### 6.3.3 - Aquífero Algoduais

Suas características de produtividade são boas, quimicamente suas águas são semelhantes às águas subterrâneas do aquífero Cabo, com média de Resíduo Seco em torno de 330 mg/L.

A CPRM no ano de 1993 perfurou na área de Suape os primeiros poços neste aquífero, os quais apresentaram vazões específicas médias de 2,7 m<sup>3</sup>/h/m.

### 6.3.4 - Aquífero Cabo

É o que apresenta maior extensão de ocorrência na superfície. É explorado, sobretudo para o abastecimento rural, através de cacimbas e poços rasos escavados a pá e picareta.

Os seus sedimentos foram depositados em fossas tectônicas que atingem profundidades maiores que 3.000m, contudo a exploração através de poços se faz até a profundidade máxima de 200m.

É também explorado sob condições de confinamento, prevalecendo sobre a exploração na condição de livre. Está separado do aquífero Algoduais através da Formação Estivas, que funciona como um aquitard. É considerado o melhor aquífero da Bacia Cabo, apesar de possuir águas imprestáveis, com teores de até 30.366 mg/l em NaCl, em profundidades superiores a 300 metros.

Sua produtividade varia de fraca a média, apresentando poços com vazões específicas em média de 0,87 m<sup>3</sup>/h/m e vazões médias, em torno, de 11 m<sup>3</sup>/h. A qualidade da água é boa, com Resíduo Seco (RS) médio em torno de 300 MG/L, do tipo bicarbonatada cálcica.

#### 6.4 - DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO DO EMBASAMENTO CRISTALINO

Ocorre principalmente na região ocidental da RMR, é representado pelo aquífero fissural que ocorre aflorante ou recoberto por material decomposto por ação do intemperismo (eluviação).

O domínio do embasamento cristalino engloba todas as rochas metamórficas e ígneas aflorantes na área em apreço, ocupando o extremo oeste da mesma. Sua constituição geológica é de rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, representado por gnaisses, granitos e migmatitos cujo fraturamento dá origem ao "aquífero fissural".

Essas rochas caracterizam-se como reservatórios de baixa potencialidade de água subterrânea, sendo consideradas como o substrato impermeável das rochas das Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba (Santos, 2000).

Engloba todas as rochas metamórficas e ígneas aflorantes na RMR, numa extensão aproximada de 1.577 km<sup>2</sup>, ou seja, 57% da RMR, ocupando o extremo oeste desta região.

Constitui-se geologicamente de rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, representado por gnaisses, granitos, migmatitos, xistos, quartzitos, vulcanitos, dentre outros tipos líticos, os quais caracterizando o aquífero fissural. Apresenta uma extensão de aproximadamente 1.577 km<sup>2</sup>, ou seja, 57% da RMR.

As rochas neste domínio são muito heterogêneas e anisotrópicas não somente quanto à distribuição e densidade de fraturas mais também, quanto à sua abertura. A água subterrânea encontra-se limitada aos espaços fraturados.

Esse aquífero fissural possui produtividade fraca, com poços de vazões específicas inferiores a 1 m<sup>3</sup>/h/m e vazões inferiores a 3,0 m<sup>3</sup>/h para rebaixamento de nível d'água de 25m. A qualidade química da água em geral é baixa, quando comparada com os outros domínios da RMR.

Apesar de não desempenhar papel importante em potencialidade, quando comparado aos outros domínios da RMR, este sistema é explorado para abastecimento de água das populações locais, sobretudo a rural.

Nesse meio aquífero, a água subterrânea encontra-se limitada aos espaços fendilhados e/ou fraturados, daí ser toda a circulação da água subterrânea efetuada através das fraturas e/ou fissuras, resultando na denominação de aquífero fissural ou fraturado, para as litologias que armazenam e possibilitam a extração da água, ali, acumulada.

A ocorrência de rochas fraturadas do embasamento cristalino, em zonas de profundidade intermediária, pode originar, portanto, aquíferos fissurais, nessas zonas.

Esses eventuais aquíferos fissurais apresentam produtividade fraca, com poços de vazões específicas inferiores a  $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e vazões inferiores a  $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$  para um rebaixamento de nível de água de 25 m. Nesse Domínio ocorrem cacimbas, poços tipo amazonas e poços tubulares (perfuração mecânica), com profundidades variadas, captando água em meios fissurados de rocha sã.

A existência de regolito capeando as rochas do Domínio do embasamento cristalino, em decorrência do clima mais chuvoso e úmido que favorece o intemperismo químico da rocha, acarreta a sua decomposição com a consequente formação do manto de intemperismo cuja espessura chega até 30 m. Esse manto eluvial é constituído principalmente por argilas, que possuem boa porosidade e baixa permeabilidade, dificultando a recarga do aquífero fissural sotoposto.

Embora esse Domínio não seja importante como potencial aquífero, quando comparado ao outro Domínio da RMR, representa, de qualquer forma, uma alternativa de abastecimento de água às populações locais, sobretudo rurais, através de poços rasos (< 20 metros), principalmente para os municípios de Ipojuca, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata, Moreno e Araçoiaba.

## 7. MEIO AMBIENTE

O meio ambiente sendo entendido como bem coletivo, torna-se objeto da tutela jurídica. O Direito do Meio Ambiente, Direito Ecológico ou Direito Ambiental, é uma disciplina emergente no mundo, que surgiu da necessidade de estudar e promover o debate sobre a proteção do meio ambiente.

Segundo Acselrad H. *et al.* (1993), meio ambiente é a base natural sobre a qual as sociedades humanas se estruturam. O ar, a água, o solo, a flora e a fauna formam a sustentação física, química e biológica para que as civilizações humanas possam existir neste planeta.

A Lei de Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938 de 31 de Agosto de 1981, em seu artigo 3º, inciso I, define como meio ambiente o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

Segundo Machado (1996), a definição federal é ampla, pois, vai atingir tudo aquilo que permite a vida, que a abriga e rege.

De acordo com Acselrad H. *et al.* (1993), o fato de pensarmos na natureza como sendo a morada da espécie humana nos ajuda a entender o meio ambiente como um espaço comum, habitado por diferentes indivíduos, diferentes grupos sociais e diferentes culturas. Como todos nós compartilhamos o ar e as águas, esses elementos da natureza podem ser entendidos como bens coletivos, que pertencem a todos.

### 7.1 - A PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL

A partir da década de 60, as medidas de proteção ambiental passaram a ter uma importância e uma preocupação mais por parte da população mundial. No ano de 1923 em Paris ocorreu o I Congresso Internacional para a Proteção da Natureza, sendo reconhecido como o primeiro grande evento dessa natureza. No final dessa década o mundo já vivia uma crise ambiental gerada pela falta de sustentabilidade do padrão de crescimento econômico adotado pelos países do chamado primeiro mundo, através do qual as externalidades da atividade econômica, como impactos sociais e ambientais eram destinadas à sociedade.

Na década de 70 no Brasil os grandes projetos eram desenvolvidos sem preocupação ambiental, optando-se por políticas de desenvolvimento e integração do território nacional, haja vista o que aconteceu com a Amazônia. O ritmo acelerado desse processo de integração e ocupação causou grandes impactos ambientais e sociais.

Em 1972, o Relatório do Clube de Roma, denominado “Limits of Grow” gerou uma polémica muito grande ao apresentar um cenário catastrófico, caso o padrão de crescimento econômico não fosse repensado e alterado. Como alternativa ventilou-se a tese de crescimento zero para o problema apresentado, baseada na teoria que só se reverteria a crise ambiental com a estagnação da economia.

Os países mais ricos e industrializados, que obtiveram tal grau de desenvolvimento à custa de tecnologias predatórias e da utilização não sustentada dos recursos naturais, recomendavam medidas de prevenção para a poluição que tornava a industrialização dos países do terceiro mundo praticamente inviável. Os países ricos permaneceriam ricos e os pobres condenados à miséria.

No mesmo ano realizou-se em Estocolmo, na Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, onde representantes de 114 países e cerca de 500 Organizações Não Governamentais - ONG's - buscavam soluções técnicas para problemas como a poluição. Nela debateu-se a tese do crescimento zero, e a tese desenvolvimentista dos países do terceiro mundo que defendiam o direito ao desenvolvimento. Nessa época os países em desenvolvimento e os subdesenvolvidos encaravam com bastante prudência e desconfiança as normas de proteção ambiental, que se mostravam como um grande empecilho ao desenvolvimento econômico.

Mostravam-se mais preocupados com os aspectos econômicos e o combate a pobreza, do que com os problemas ambientais. Adotou-se, portanto, uma tese intermediária que buscava compatibilizar desenvolvimento econômico e proteção ambiental, originando-se assim a Declaração de Estocolmo, mostrando-se como marco no movimento de proteção ambiental, em virtude da aceitação dos princípios ali traçados e consagrados.

Em Estocolmo foi aprovada a Declaração sobre o Meio Ambiente Humano, que buscava orientar políticas e acordos internacionais que respeitassem o interesse de todos, o desenvolvimento global e a integridade do meio ambiente.

Em 1982 a Assembleia Geral das Nações Unidas criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. A Comissão era composta por dez membros representantes dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Durante três anos a comissão percorreu o mundo identificando os problemas ambientais, originando-se assim o Relatório Brundtland, que foi concluído e entregue em 1987, destacando-se três grupos de problemas ambientais:

- a) os problemas relacionados à poluição;
- b) os problemas ligados à escassez dos recursos, em virtude da utilização inadequada e a poluição;

c) os problemas ambientais relacionados às questões sociais, destacando-se neste caso às questões relativas ao uso e ocupação do solo e os serviços sanitários, incluindo o saneamento básico.

Em 1992, vinte anos após Estocolmo, realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, conhecida ainda como a Cúpula da Terra ou Rio Eco 92. Foram 178 países reunidos, incluindo cerca de 100 chefes de Estado. Paralelamente ao evento oficial, cerca de 4.000 ONG's realizaram o Fórum Global.

Inicialmente estava prevista a elaboração de uma Carta Magna da Terra, contendo uma declaração abrangente dos princípios fundamentais do desenvolvimento sustentável. Mais tarde pensou-se em proclamar uma breve declaração que reafirmasse os princípios de Estocolmo. Por fim foi aprovado um texto, com 27 princípios, que ampliavam os princípios de Estocolmo, denominado Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

A Agenda 21, transformada hoje em Programa 21 é um plano de ação para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável. A agenda consolida diversos relatórios, protocolos, tratados e outros documentos elaborados nas últimas décadas. A Agenda 21 inclui os temas tratados na Declaração do Rio de Janeiro. É um documento longo, com mais de 800 folhas, dividido em quatro seções e 40 capítulos, assim divididos: Preâmbulo; Seção I, com sete capítulos tratando sobre a dimensão social do desenvolvimento sustentável (cooperação internacional, padrão de consumo, população, saúde etc.); Seção II, com 14 capítulos abordando as dimensões ambientais (atmosfera, oceanos, ecossistemas frágeis, biodiversidade etc.); a Seção III, apresentando nove capítulos aos principais grupos sociais, mulheres, jovens, populações indígenas, trabalhadores, empresários, ONG's, autoridades locais etc.; a Seção IV, com oito capítulos, refere-se aos meios para implantar os programas recomendados (recursos financeiros, transferência de tecnologia, educação etc.). Por fim, o Anexo I da Agenda apresenta um resumo comentado de todos os capítulos, destacando as questões centrais e o problema tratado.

A Declaração do Rio reafirmou os princípios consagrados na declaração de 1972, dando mais ênfase à necessidade de desenvolvimento econômico em harmonia com a preservação ambiental, ressaltando-se a maior importância para o Estudo Prévio de Impacto Ambiental.

## 7.2 - RECURSOS AMBIENTAIS: POLUIÇÃO E DEGRADAÇÃO

A Lei 6.938 de 31 de Agosto de 1981 entende os recursos ambientais em seu artigo 3º, inciso V, como sendo: recursos ambientais, a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera, a fauna e a flora.

Segundo Goodland (1975), poluição é qualquer alteração desfavorável do meio ambiente devido ao lixo, produtos secundários, resíduos, etc., da atividade do homem e sua superpopulação, como a poluição da água, da atmosfera e do solo.

No Vocabulário Básico de Meio Ambiente, a poluição ambiental é a adição ou o lançamento de qualquer substância ou forma de energia (luz, calor, som) ao meio ambiente em quantidades que resultem em concentrações maiores que as naturalmente encontradas. Os tipos de poluição são em geral classificados em relação ao componente ambiental afetado (poluição do ar, da água, do solo), pela natureza do poluente lançado (poluição química, térmica, sonora, radioativa etc.) ou pelo tipo de atividade poluidora (poluição industrial, agrícola etc.).

A Lei 6.938/81, artigo 3º, inciso III, entende a poluição como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Por poluidor, a mesma lei define como a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividades causadoras de degradação ambiental, definindo ainda degradação ambiental como sendo a alteração adversa das características do meio ambiente. Quem polui ou degrada o meio ambiente é chamado de poluidor no entendimento legal.

A poluição e a degradação do solo, da água e do ar não são eventos separados. A degradação do solo pode implicar em interferências nas águas e/ou no ar, da mesma forma que a degradação das águas pode interferir no solo e no ar, e assim sucessivamente. O meio ambiente é um só, e a degradação de um de seus atributos compromete o todo.

A degradação do meio ambiente implica necessariamente na degradação da biodiversidade, pois, destrói a capacidade que as espécies têm em interagir. A interação das diferentes espécies permite a vida e forma a base da ecologia. A vida de animais, em sentido amplo, e plantas dependem da qualidade da água que consomem, ou da qualidade do solo onde se locomovem ou do ar que respiram.

### 7.3 - PROTEÇÃO AMBIENTAL

Usualmente se fala em preservação ambiental, ou conservação do meio ambiente, ou ainda, proteção ambiental. Os dicionários consideram conservação e preservação como sinônimos, alguns preferem entender preservação e conservação como espécies do gênero proteção.

Ambientalistas preferem utilizar cada termo conforme o caso. No Vocabulário Básico de Meio Ambiente, conservação e preservação encontram-se bem definidos.

Na opinião de Hans Liebman (1979), embora a preservação do meio ambiente seja um conceito que só agora está fazendo parte do nosso vocabulário cotidiano, há séculos ela constitui uma exigência objetiva, presente em todas as civilizações humanas.

#### 7.3.1 - Conservação

O conceito de conservação aplica-se à utilização racional de um recurso qualquer, de modo a se obter um rendimento considerado bom, garantindo-se, entretanto, sua renovação ou sua auto-sustentação. Assim a conservação do solo é compreendida como a sua exploração agrícola, adotando-se técnicas de proteção contra erosão e redução de fertilidade.

Analogamente, a conservação ambiental quer dizer o uso apropriado do meio ambiente dentro dos limites capazes de manter sua qualidade e seu equilíbrio, em níveis aceitáveis.

#### 7.3.2 - Preservação

Ação de proteger, contra a destruição e qualquer forma de dano ou degradação um ecossistema, uma área geográfica definida ou espécies animais e vegetais ameaçadas de extinção, adotando-se as medidas de vigilância adequadas.

### 7.3.3 - Poluição do solo

Cerca de dois terços da superfície terrestre são cobertos por mares, do restante 24% é inabitável, por ser constituído de regiões rochosas e desertos arenosos, bem como terras cobertas por gelo.

Desse terço, portanto, restam apenas 76% de solos utilizáveis para a obtenção de alimentos necessários aos seres humanos.

A ocupação do solo pelo homem, bem como as várias atividades desenvolvidas para proporcionar-lhe alimentos, moradia, segurança, energia, lazer, etc., poluem ou degradam o solo. A mineração remove grandes quantidades de materiais da superfície da terra, deixando grandes cavidades expostas à ação do tempo. A ação das chuvas sobre uma área pode arrastar sedimentos para o leito de córregos e rios, assoreando os recursos hídricos, alterando consideravelmente a qualidade e o curso destas águas por dezenas de quilômetros a jusante.

Na agricultura, as monoculturas utilizam grandes quantidades de adubos químicos e pesticidas, fazendo com que penetrem no solo, atingindo as águas subterrâneas, os córregos e rios, condenando a qualidade destas águas. A irrigação intensa pode causar danos ao solo, já que permite a utilização de terras com mais intensidade, esgotando-a, quando o manejo correto não é praticado.

A ocupação de encostas para moradia, suprimindo muitas vezes a vegetação existente, alterando assim de forma definitiva o ciclo das águas nestas encostas, tendo como uma das conseqüências mais conhecidas o deslizamento de terras, proporcionando verdadeiras tragédias, quando habitações são arrastadas morro abaixo. Este tipo de evento ocorre pela falta de critérios ou desobediência das normas urbanísticas, geralmente se verificando nas favelas.

Os desmatamentos indiscriminados colocam em perigo nascente e outras áreas. A erosão e a desertificação são fenômenos que comprometem o solo. O assoreamento de córregos e rios eleva seu leito e, conseqüentemente, o nível das águas, contribuindo para o fenômeno das enchentes em áreas de cotas baixas.

### 7.3.4 - Poluição da água

Do total de água do Planeta, as águas salinas dos oceanos e mares correspondem a 97,2%; as calotas polares e geleiras a 2,14%, a água subterrânea a 0,61% e as águas superficiais dos rios e lagos doces e salgados correspondem a 0,0221%. O restante é formado por águas em estado de vapor, águas mais profundas ou água de formação nos materiais que compõem o globo.

Nos grandes aglomerados urbanos, o maior problema de manejo das águas está no abastecimento de água potável para a população e o tratamento das águas servidas. Residências que não dispõem de abastecimento de água e rede de esgotos sanitários, geralmente são abastecidas na própria propriedade por poços que captam água subterrânea.

Nestas mesmas propriedades muitas vezes se localizam a fossa e sumidouro. A água do lençol freático geralmente está comprometida pela poluição com elementos patogênicos, introduzidos no ambiente devido à ausência de fossa séptica e filtro anaeróbico nas unidades domiciliares.

As indústrias por sua vez lançam seus resíduos nos córregos, rios e mares, e estas águas podem estar contaminadas por substâncias ou resíduos que poderão comprovadamente causar danos à saúde humana. Várias cidades se utilizam das águas de córregos e rios para abastecer as aglomerações urbanas. Não raramente estas águas não recebem qualquer tratamento.

A poluição, por sua vez, caracteriza-se mais pelos efeitos ecológicos, produzindo transformações no meio ambiente, enquanto a contaminação não tem sentido ecológico, mas eminentemente utilitário. Assim, é mais comum a ocorrência de processos de contaminação do que de poluição nas águas subterrâneas.

Mais raro, mas não menos grave é a contaminação da água por radioatividade, devido à proximidade de unidades que se utilizam da energia atômica e, eventualmente, lançam resíduos nos recursos hídricos. No Brasil, este não é um problema considerável.

#### 7.4 - MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO

A lei determina que as políticas de fomento e desenvolvimento socioeconômico devem contemplar critérios que protejam o ser humano e o meio ambiente. As atividades econômicas devem priorizar a qualidade de vida e a sustentabilidade econômica de determinada atividade em detrimento de lucros a qualquer custo.

No entanto na prática isto não ocorre, quer pela ineficiência do Poder Público em fiscalizar as atividades potencialmente poluidoras, quer pela falta de efetivas ações preventivas, pecando por omissão tanto o Poder Público como a iniciativa privada.

As autoridades pouco fazem para mitigar os impactos predatórios. A sociedade denuncia, contudo não vê seu clamor atendido. Como exemplos de atividades predatória ou potencialmente poluidoras são as atividades das madeireiras. Elas não têm compromisso com o meio ambiente e com as técnicas de manejo sustentável da floresta amazônica.

Não menos predatório que as madeiras está a pesca nos rios por grandes empreendimentos pesqueiros que utilizam embarcações de grande porte para tal.

No entanto, os garimpos de ouro talvez sejam a prova maior da falta de consciência na exploração do meio ambiente. A terra é explorada, o ouro extraído, deixando para trás grandes áreas degradadas, os cursos d'água além de poluídos pelo mercúrio, ficam ainda assoreados pela grande quantidade de sedimentos arrastados para seu leito.

Não menos impactante, é a criação extensiva do gado bovino. Na introdução desta cultura nunca se considerou qualquer forma de manejo que visasse à preservação do meio ambiente, mas sim o lucro imediato com a atividade. Como resultado desta prática é a interferência na flora nativa, já que o gado além de comer basicamente qualquer forma de vegetação, destrói com sua presença formas importantes de vida.

Uma das formas de desenvolvimento social é o equilíbrio do bem estar com a preservação do meio ambiente. Neste sentido, é impossível conceber a sociedade humana em paz convivendo com diferenças sociais extremas. É impossível conceber a paz priorizando o lucro em detrimento do meio ambiente equilibrado. A espécie humana está inviabilizando sua sobrevivência, considerando o aumento da população, fazendo com que um consumo maior dos recursos naturais seja exigido.

Da forma como a humanidade vem conduzindo sua interação com o meio ambiente, seu futuro é incerto. Camada de Ozônio e efeito estufa são apenas dois exemplos atuais que apontam para a necessidade de uma alteração no rumo das condutas da humanidade em relação ao planeta.

É fundamental uma mudança de mentalidade na sociedade no que diz respeito ao meio ambiente e o desenvolvimento sócio econômico, isto fará parte do processo de construção de uma verdadeira cidadania, com cidadãos conscientes de seus deveres e obrigações sociais e ambientais.

## 7.5 - A POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

A Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida no Brasil pela Lei Federal nº 6938 de 1981 determina, organiza e põe em prática diversas ações para à manutenção e à melhoria da qualidade ambiental, visando, dentre outros objetivos, o licenciamento e a fiscalização das fontes de poluição.

Os recursos ambientais como as águas superficiais e subterrâneas, quando apresentam disponibilidade e qualidade, constituem os recursos hídricos objetos da Gestão estabelecida na Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9433 de 1997) que será mais especificada no capítulo 11.

A Política Ambiental foi elaborada com base em princípios de comando e controle, complementada pelos legisladores pela Política de Recursos Hídricos em 1997, como um marco inovador, utilizando a integração na bacia hidrográfica do Poder Público, da Sociedade e dos Usuários da água (Empresas, Concessionárias, Prefeituras, Autarquias) de forma que o processo do planejamento do desenvolvimento sustentável e continuado coloca em prática as determinações da Política Ambiental e de Recursos Hídricos na gestão descentralizada em bacias hidrográficas.

Pode-se observar que os sistemas ora instituídos – Meio Ambiente e Recursos Hídricos - possuem atribuições distintas, porém complementares onde, por um lado compete ao CONAMA, órgão integrante do SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente, o estabelecimento do sistema de classes de qualidade e a definição dos padrões ambientais de cada classe; enquanto que compete ao CNRH, instância máxima do SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o estabelecimento das diretrizes para o enquadramento dos corpos d'água de domínio federal, e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos a aprovação do enquadramento dos recursos hídricos de domínio estadual, incluindo aqui as águas subterrâneas, proposta pelos Comitês de Bacia Hidrográficas de acordo com os princípios de descentralização e participação colegiada. Para as águas superficiais, como já publicado na Resolução CONAMA nº 357 define-se como sistema de classes de qualidade “o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros”, e como enquadramento o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a serem, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”, conceitos esses também aplicáveis às águas subterrâneas.

A Lei 6938/81 é uma lei nacional sendo aplicável a todos os entes políticos de todos os níveis da federação, sendo plenamente recepcionada pela Constituição Federal de 1988, embora tenha sido publicada em 1981. Seu texto legal sofreu várias modificações e inclusões por leis ambientais posteriores.

#### 7.5.1 - Princípios da Política Nacional do Meio Ambiente.

O Art. 2º. Da Lei 6938 objetiva a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendido os seguintes princípios:

Inciso I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

Inciso II - nacionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

Inciso III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

Inciso IV - proteção dos ecossistemas, com preservação de áreas representativas;

Inciso V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

Inciso VI - incentivo ao estudo e a pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

Inciso VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

Inciso VIII - recuperação de áreas degradada;

Inciso IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

Inciso X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade objetivando capacitá-la para a participação ativa na defesa do meio ambiente.

Segundo Art. 3º dessa lei entende-se por meio ambiente:

Inciso I - o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

Inciso II - degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;

Inciso III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante das atividades que direta ou indiretamente:

a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;

b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;

c) afetem desfavoravelmente a biota;

d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

Inciso IV - poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

Inciso V - recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.

### 7.5.2 - Cidadania, Educação e Proteção Ambiental.

O Artigo 2º da Lei 6.938/81, em seu inciso X, prevê a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

O caput do Artigo 225º da Constituição Federal de 1988 é bem claro ao expressar que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Verifica-se no dispositivo constitucional, a imposição do dever de defesa do meio ambiente ao Poder Público e à coletividade, de forma definitiva e inseparável, colocando sociedade e Poder Público como parceiro nesta luta pela proteção do meio ambiente.

De acordo com o Vocabulário Básico de Meio Ambiente o processo de aprendizagem e comunicação de problemas relacionados à interação dos homens com seu ambiente natural, é o instrumento de formação de uma consciência, através do conhecimento e da reflexão sobre a realidade ambiental. Após a Conferência de Estocolmo, em 1972, as questões e problemas ambientais passaram a ser abordados numa visão planetária, multidisciplinar e, até, holística.

Em 1975, ocorreu a reunião de Belgrado, onde autoridades em educação debateram as questões de educação e sua interface com o meio ambiente. Desta reunião extraiu-se a "Carta de Belgrado", que contém os fundamentos do que se entende por educação ambiental.

A Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu artigo 225º, § 2º, inciso VI, mostra que incumbe ao Poder Público promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

A previsão constitucional que assegura a promoção da educação ambiental em todos os níveis é mais uma norma que não se concretizou plenamente. A dificuldade básica consiste no fato da educação ser um processo contínuo, é a construção do conhecimento, não ocorrendo do dia para a noite.

A Constituição Federal de 1988 traz um grande avanço no trato das questões relativas ao meio ambiente. Uma delas é a criação dos Conselhos Municipais de Meio Ambiente, que estabelece o debate e contribui para as políticas locais de meio ambiente.

Existem diversos mecanismos legais para assegurar a fiscalização e a proteção do meio ambiente a serviço do cidadão. A principal delas é a Ação Civil Pública. Prevista pela Lei 7.347 de 24 de julho de 1985, que disciplina a ação civil pública de

responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (vetado) e dá outras providências.

Na Ação Civil Pública basta qualquer um do povo representar ao Ministério Público, e este determinar a instauração de Inquérito Civil Público, objetivando averiguar se os fatos alegados na representação são lesivos ao meio ambiente. Verificado o fato, o Ministério Público tem o dever legal de propor Ação Civil Pública visando responsabilizar o poluidor pelos danos causados. É facultado ainda a determinadas organizações a titularidade da Ação Civil Pública, figurando o Ministério Público neste caso, na qualidade de fiscal da lei.

A Ação Popular é prevista na Constituição Federal, Artigo 5º, inciso LXXIII onde indica que qualquer cidadão é parte legítima para propor ação popular que vise a anular ato lesivo ao patrimônio público ou de entidade de que o Estado participe, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e cultural, ficando o autor, salvo comprovada má fé, isento de custas judiciais e do ônus da sucumbência.

O artigo 29º da Constituição Federal, em seu inciso XIII, trata da iniciativa popular de projetos de lei de interesse específico do município, da cidade ou de bairros, através de manifestação de pelo menos, cinco por cento do eleitorado. Este dispositivo permite, por exemplo, que a comunidade se mobilize na criação de uma determinada Unidade de Conservação, a nível municipal, como as Áreas de Preservação Ambiental, em não havendo iniciativa direta dos Poderes Executivo ou Legislativo.

#### 7.5.3 - Dos Objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Segundo o art. 4º A Política Nacional do Meio Ambiente visará:

- I - à compatibilização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;
- II - à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios;
- III - ao estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;
- IV - ao desenvolvimento de pesquisas e tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais

V - à difusão de tecnologia de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;

VI - à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;

VII - a imposição ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos;

#### 7.5.4 - Do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA)

O Sistema Nacional do Meio Ambiente é constituído por órgãos e entidades da União, Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e Municípios, bem como as fundações instituídas pelo poder público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. É de direito e de fato, uma estrutura político-administrativa oficial, governamental, aberta à participação de instituições não governamentais, através dos canais competentes. Não possui expressa previsão constitucional, sua estrutura está contida no art. 6º da Lei 6938/81.

Inciso I - órgão superior: Conselho de Governo, com a função de assessorar o Presidente da República na formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais;

Inciso II - órgão consultivo e deliberativo: Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. Suas competências estão definidas no art. 8º da lei.

Inciso III - órgão central: a Secretaria de Meio Ambiente da República, com a finalidade de planejar, coordenar, supervisionar e controlar, como órgão federal, a Política Nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente;

Inciso IV - órgão executor: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e recursos naturais renováveis (IBAMA). Autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente que tem como finalidade executar e fazer executar como órgão federal, a política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente;

Inciso V - órgãos seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução e fiscalização da política ambiental, com papel relevante no sistema, inclusive no que se refere à atribuição para conceder licenças ambientais;

Inciso VI - órgãos locais: órgãos ou entidade municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades ,nas suas respectivas jurisdições;

#### 7.5.5 - Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Segundo o art. 9º. São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente:

- I) - o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- II) - o zoneamento ambiental;
- III) - a avaliação dos impactos ambientais;
- IV) - o licenciamento e a revisão de atividades potencialmente poluidoras;
- V) - os incentivos à produção e instalação de equipamentos e criação ou absorção de tecnologia, voltadas para a melhoria da qualidade ambiental;
- VI) - a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual ou municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;
- VII) - o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
- VIII) - o Cadastro Técnico Federal de atividades e instrumentos de defesa ambiental;
- IX) - as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;
- X) - a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;
- XI) - a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las quando inexistentes;
- XI) - o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos naturais;
- XII) – instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros.

#### 7.5.6 - O Licenciamento Ambiental.

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação

ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízos de outras licenças exigíveis.

A Resolução CONAMA 237 de 19 de dezembro de 1997 regulamenta a matéria relacionada às licenças ambientais e estabelece em seu art. 8º três espécies de licenças, que poderão ser concedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fases do empreendimento ou atividade, são elas:

- a) Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade.
- b) Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou da atividade.
- c) Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou do empreendimento.

O Estudo prévio de impacto ambiental está previsto na Constituição Federal de 1988, no seu art. 225º § 1º, IV que determina a incumbência do Poder Público de exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade.

A Resolução nº1 de 23/01/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - dispõe sobre a definição normativa de impacto ambiental da seguinte forma:

Art. 10. Para efeito desta Resolução considera-se impacto ambiental 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, 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.

A Resolução do CONAMA nº 237/97 no seu art. 1º inciso III, conceitua impacto ambiental como todo e qualquer impacto ambiental que afete diretamente (área de influência direta do projeto), no todo ou em parte, o território de dois ou mais Estados.

A Constituição Federal de 1988 no art. 225º. § I, inciso IV estabeleceu a exigência do Estudo Prévio de Impacto Ambiental, que deve ser realizado antes da decisão administrativa de concessão de licença ou implantação de planos projetos e programas com efeitos ambientais no meio considerado. Seu objetivo primordial é evitar as consequências danosas ao meio ambiente e preservar a sadia qualidade de vida.

O advento do Estudo de Impacto Ambiental na legislação brasileira é objeto do clamor da sociedade, diante da necessidade de uma política que protegesse o meio ambiente. Segundo Tommasi (1994), a sociedade brasileira estava já consciente de que apenas critérios econômicos, de custo e benefício, sem considerar possíveis danos à saúde pública, ao bem estar e aos recursos naturais, não deveriam mais ser tolerados.

O Estudo de Impacto Ambiental tem como objetivo influir no mérito da decisão administrativa de concessão da licença, sendo parte integrante do processo de licenciamento.

Poderá ser exigido a qualquer tempo, desde que possível evitar ou remediar a situação de significativa degradação. Deverá atender a algumas diretrizes fixadas na Resolução 001/86 do CONAMA, que podem ser acrescidas de outras pelo Órgão Estadual competente ou pelo Município quando forem necessárias, além das disposições contidas na Resolução CONAMA 237 de 16/12/1997, que regulou a matéria.

A Resolução 001/86 do CONAMA determina no seu parágrafo único. O Relatório de Impacto Ambiental deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de seu implemento. Destina-se especificamente ao esclarecimento das vantagens e consequências ambientais do empreendimento, refletindo as conclusões do Estudo de Impacto Ambiental.

Portanto, o E.I.A / R.I.M.A. constitui um instrumento de vital importância para o controle das atividades e empreendimentos com potencial capacidade de impacto ao meio ambiente. É definido por lei, portanto imperativo, e contempla a participação da sociedade civil organizada e da população em geral nas audiências públicas convocadas para dar publicidade dos resultados dos estudos. Trata-se, portanto de um dispositivo de grande importância na proteção ao meio ambiente.

#### 7.5.7 - Zoneamento Ambiental

A Lei 6.938/81, em seu Artigo 2º, inciso V, prevê o controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras. Ainda na mesma Lei, em seu Artigo 9º, inciso II, o zoneamento ambiental é tido como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

O zoneamento ambiental é, portanto, uma forma de planejar o espaço. Como tal, compete ao Poder Público, determinar em que áreas poderão se desenvolver certas atividades, e em que condições.

A declaração de Unidades de Conservação em áreas do território de um município, a exemplo das Áreas de Proteção Ambiental, constitui uma forma de zoneamento. É comum certos municípios possuírem zonas industriais, zona urbana, zona rural etc. de forma bem definida. É um instrumento importante na proteção do meio ambiente, onde a participação popular pode exercer grande controle, não só no devido zoneamento, mas, no seu efetivo cumprimento.

#### 7.5.8 - A Responsabilidade por Dano Ambiental

Entende-se responsabilidade como a obrigação de cada um em assumir as consequências dos atos praticados, e para o termo “responsabilização” englobaria todas as responsabilidades decorrentes da contaminação de uma área quais sejam os procedimentos referentes à necessidade de legislação específica que definam os responsáveis pela contaminação, para o estabelecimento das obrigações dos responsáveis pelo dano causado ao meio ambiente e a saúde pública (custos e serviços para o gerenciamento da área afetada e a remediação) e do órgão gestor.

O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade de propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente. A responsabilidade por dano ambiental não é subjetiva porque não necessita da prova de culpa ou dolo por parte do agente causador do dano, ou seja, não é necessário que o agente tenha agido com a intenção de causar o dano, nem mesmo é necessária a prova de que o mesmo agiu com negligência imprudência ou imperícia.

A responsabilidade ambiental é objetiva, pois, fundamenta-se na teoria do risco, segundo a qual toda a pessoa que exerce alguma atividade cria riscos para terceiros e deve ser obrigada a repará-lo, ainda que sua conduta seja isenta de culpa. O dano é indenizável se houver o nexo de causalidade entre a ação e a omissão. Tal responsabilidade se baseia no princípio da equidade, ou seja, quem se beneficia com atividade deverá responder pelos riscos ou pelas desvantagens desses resultantes.

##### 7.5.8.1 - Lei dos Crimes Ambientais - Lei 9605/98

A Constituição Federal de 1988 em seu art. 225 § 3º estabelece que as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão aos infratores, pessoas físicas ou

jurídicas, a sanções penais e administrativas, independente da obrigação de reparar os danos.

A Lei 9605/1998 reza sobre as sanções penais e administrativas derivadas das condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, trazendo como inovação formas alternativas de sanção e responsabilidade penal das pessoas jurídicas. A Lei estabelece que as pessoas jurídicas sejam responsabilizadas administrativas, civil e penalmente conforme o disposto na lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão do seu representante legal ou contratual, ou do seu órgão colegiado, no interesse ou benefício de sua entidade. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui o das pessoas físicas, autoras, coautoras ou partícipes do mesmo fato.

Desconsiderar-se-á a pessoa jurídica sempre que a sua personalidade for obstáculo ao ressarcimento de prejuízos causados à qualidade do meio ambiente

A responsabilização penal das pessoas jurídicas veio atender aos anseios e necessidades de coibir os crimes ambientais praticados pelas empresas e indústrias, que assumiram um elevado nível de participação na degradação ambiental. A responsabilidade penal das pessoas jurídicas seguramente é a questão mais polêmica que foi introduzida pela Lei dos Crimes Ambientais. É importante lembrar que a responsabilidade penal exige a comprovação da intenção do autor do crime (dolo) ou sua culpa, o que não se aplica para a responsabilidade civil ambiental.

#### 7.5.8.2 - Responsabilidade Civil

A responsabilidade civil continua a ser regida pela Lei 6938/81, que adotou a responsabilidade objetiva, fundada na teoria do risco. Contudo, a responsabilidade penal e administrativa exige a demonstração da culpa para ser imputada ao agente. Portanto, para a responsabilização penal e administrativa por dano ambiental a responsabilidade é subjetiva. Isto é, o causador do dano deve ter agido com a intenção de causar o dano, ou deve ter agido com imprudência, negligência ou imperícia.

A responsabilidade civil pelo dano ambiental independe da penal e da administrativa, podendo, no entanto, ser cumulativa, além do que o Direito Ambiental age preventivamente (risco de dano) e também posteriormente, no âmbito reparatório e repressivo (dano já realizado).

Na teoria da responsabilidade civil não há como falar em dever de indenizar sem a ocorrência do dano, o que constitui em um dos alicerces essenciais da referida responsabilidade.

No passado, de acordo com o Código Civil de 1916, a reparação do dano ambiental resumia-se em conflito de vizinhança, quando se enfocava apenas o interesse individual do cidadão em proteger sua propriedade de qualquer ato nocivo praticado por seu vizinho. Prevalencia a responsabilidade subjetiva, ou seja, aquela que exigia a demonstração exata do culpado agente causador, a comprovação do dano e o nexo de causalidade. No tocante à responsabilidade subjetiva, ela ainda é aplicável na atualidade quando o Estado, devendo prevenir um dano que pode ser evitado, omite-se, faltando ao dever legal de agir com diligência, prudência e perícia capazes de impedir a lesão produzida por terceiros ou por fato da natureza. Apenas exime-se da responsabilidade se não houver culpa ou dolo ou, quando uma força maior causa um dano inevitável, sendo em vão qualquer esforço para remediá-lo.

No Código Civil de 2002, artigo 927º, parágrafo único, consta que haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, em risco para os direitos de outros.

A Lei nº 6.938/81 sobre Política Nacional de Meio Ambiente define que o poluidor deve ser responsável pela indenização e/ou reparação dos danos causados ao meio ambiente e aos terceiros afetados por sua atividade, independentemente da existência de culpa.

Face à Lei Federal nº 7.347/85 de Ação Civil Pública, aplica-se também a responsabilidade objetiva ou sem culpa, bastando como prova da conduta do agente causador, o nexo causal e o dano ao meio ambiente propriamente dito.

O Direito Ambiental engloba as duas funções da responsabilidade civil objetiva, quais sejam: a reconstituir e/ou indenizar os prejuízos. Um exemplo da aplicação do regime da solidariedade é o artigo 8º da Resolução nº 273, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que regulamenta as atividades de postos revendedores de derivados de petróleo e de outros combustíveis para fins automotivos. Neste artigo determina-se a responsabilidade solidária entre os proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento, pelos equipamentos / sistemas e os fornecedores de combustível em relação à adoção de medidas para controle e remediação da área contaminada.

#### 7.5.8.3 - Responsabilidade Administrativa

Quanto à responsabilidade administrativa, é aplicada a Lei nº 6.938/81 sobre Política Nacional do Meio Ambiente, onde, por meio do artigo 14º consta que sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não

cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores a penalidades como:

- multa simples ou diária, nos valores correspondentes prescritos, agravada em casos de reincidência específica;
- perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público;
- perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito e;
- suspensão de sua atividade.

Segundo Fiorillo (1997), com referência a este tipo de responsabilidade aplica-se também o artigo 70º, da Lei nº 9.605/98 sobre Crimes Ambientais, onde haverá a possibilidade de imposição administrativa pelo órgão competente, devendo a mesma sempre estar prevista em lei, em obediência ao princípio da legalidade, informador dos atos administrativos.

No caso do Estado de São Paulo, a CETESB, órgão responsável pelo controle ambiental, tem a autoridade para a aplicação de penalidades quando é definida a responsabilidade administrativa em algum caso de contaminação do meio ambiente, conforme Decreto Estadual nº 8.468/76, parágrafo único. Essas penalidades podem se concretizar por meio de multas nos casos do não atendimento às exigências ambientais ou na ocorrência de algum dano ambiental, chegando até à suspensão da licença de funcionamento e a interdição dos empreendimentos. Entretanto, surgem dificuldades quando não é possível a definição imediata do responsável, impossibilitando a aplicação das sanções administrativas cabíveis a este órgão.

#### 7.6 - Passivo Ambiental

Define-se Passivo Ambiental como o conjunto de dívidas reais ou potenciais que a empresa ou a propriedade possui em relação à natureza por estar em desconformidade com a legislação ambiental (Poveda et al., 2004).

Deve ser destacada a diferença observada entre as definições dos termos “área contaminada” e “passivo ambiental”. Enquanto o termo “área contaminada” significa a ocorrência de alteração na qualidade do solo ou água subterrânea provocada por uma fonte de contaminação, podendo causar danos à saúde humana ou ao meio ambiente ou a outro bem a proteger, o termo “passivo ambiental” se refere ao valor monetário necessário para recuperar a área contaminada, acrescido de outros valores como multas, honorários, compensação ambiental, entre outros. Desta forma, a recuperação do passivo ambiental não se restringe aos custos da investigação e remediação de

uma área contaminada, embora em muitos casos esses se constituam no principal valor.

Segundo Poveda (2004), o passivo ambiental gerado em uma área onde são desenvolvidas atividades que possam causar contaminação dos solos e das águas subterrâneas, pode ser definido como o valor monetário gerado, basicamente, pelas seguintes razões:

- multas, dívidas, ações jurídicas, em razão da inobservância de requisitos ambientais legais, além de taxas e impostos devidos;
- custos de implantação de procedimentos e tecnologias que possibilitem a adequação das não conformidades ambientais e;
- dispêndios necessários à recuperação de área degradada e indenizações à população ou outras partes afetadas.

Para Lisboa & Ribeiro (2001), o “passivo ambiental” representa sacrifício de benefícios econômicos que serão realizados para a preservação, recuperação e proteção do meio ambiente de modo a permitir a compatibilidade entre o desenvolvimento econômico e o meio ecológico ou em decorrência de uma conduta inadequada em relação às questões ambientais.

A inserção dos passivos ambientais na contabilidade de uma empresa é o resultado do número crescente de legislações e da exigência do mercado, onde através da existência de um passivo no balanço, os acionistas devem ser informados, especialmente quando se tratar de empresas abertas cujas ações são negociadas em bolsas de valores (Sánchez 2001).

Cabe ressaltar a necessidade de criação de um instrumento de gestão para o planejamento da desativação de empreendimentos que, segundo Sánchez (2001), pode ser similar ao utilizado pela indústria da mineração, de modo a identificar e avaliar o passivo ambiental da atividade em questão, o que já teve seu início, no Estado de São Paulo, com o estabelecimento do Decreto nº 47.400/02, que determina prazos de validade para cada modalidade de licenciamento ambiental e condições para sua renovação.

## 7.7 - A RESERVA LEGAL E A ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

São dois importantes institutos para o sistema jurídico ambiental recepcionado pelo Código Florestal de 1965 – Lei 4.771/1965. Ambos têm como fundamento o direito ao meio ambiente equilibrado e a função social da propriedade. O primeiro é definido no art. 1º, § 2º, III como: a “ área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável

dos recursos naturais à conservação e a reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna e flora nativas”.

O segundo é definido no art.1º, § 2, II, como sendo “ a área, coberta ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”.

Existem dois tipos de Área de Preservação Permanente (APP): a legal prevista no art. 2º da lei, e a administrativa, prevista no art. 3º.

#### 7.8 - LEI DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO – LEI 9985/2000

Instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. A lei definiu alguns critérios para a criação, implantação e gestão dessas unidades. Compreendem as Unidades de Proteção Integral que são a Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio da Vida Silvestre, tendo como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na Lei do SNUC. E as Unidades de Uso Sustentável que são as Áreas de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Nacional. Têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso direto de parcela dos seus recursos naturais.

## 8. CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 8.1. REVISÃO DOS PRINCIPAIS MARCOS INSTITUCIONAIS

O enquadramento dos corpos d'água foi previsto inicialmente na Portaria MINTER 13 de 1976, publicada pelo Ministério do Interior, considerando a crescente deterioração dos corpos d'água superficiais, com vistas à manutenção da qualidade de corpos hídricos federais. A Resolução CONAMA 20 e posteriormente a Resolução CONAMA 357 foram estruturadas considerando as exigências de qualidade específicas para os usos preponderantes dos recursos hídricos, estabelecendo classes com graus decrescentes de exigências de qualidade, apresentando a oportunidade de estabelecimento de metas parciais e intermediárias de melhoria de qualidade.

A Resolução CONAMA 20 de 1986 implantou o instrumento do enquadramento, com base nas classes de qualidade das águas superficiais para os usos preponderantes, a ser estabelecido a partir de metas de melhoria e manutenção de qualidade. A Lei Federal 9433 de 1997, programou ao enquadramento e outros instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos como outorga, planos de bacia, cobrança, sistema de informação e compensação aos municípios. Entretanto, essa Lei confere ao enquadramento um caráter especial, como um instrumento integrador da qualidade e da quantidade para a gestão dos recursos hídricos, desde que são características indissociáveis.

Assim, se faz necessário o entendimento da gênese do enquadramento, que segundo o artigo 9º da Lei Federal 9433, assegura a decisão de forma descentralizada sobre os usos da água na bacia hidrográfica, de acordo com as necessidades e com a capacidade de investimento e de seu planejamento de modo a garantir a manutenção e melhoria da qualidade que viabilize os usos preponderantes em metas finais e intermediárias.

O principal objetivo do enquadramento é o uso, desta forma o usuário participa das decisões desde que ele é o responsável pelo custo, devendo ser decidido no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica, a quantidade de água necessária para o desenvolvimento sustentável e sua qualidade.

A Lei Federal 9433, em seu artigo 10 estabelece que as classes dos corpos d'água sejam de atribuição da Legislação Ambiental. Isto ocorre porque as classes só existem associadas a um padrão de qualidade, instrumento este já utilizado na prevenção e controle da poluição pela legislação ambiental, instituído no País desde 1981 pela Lei Federal 6938.

A Resolução CNRH nº12 de 2000 apresentava diretrizes para o enquadramento dos corpos d'água, reconhecendo a complexidade do instrumento e prescrevendo etapas de diagnóstico e prognóstico das características da bacia hidrográfica, elaboração e aprovação do enquadramento dos corpos d'água.

Esta Resolução ressaltava ainda a importância do enquadramento, que deveria constar dos Planos de Bacia, implantando ações inerentes ao planejamento estratégico da bacia hidrográfica, considerando o horizonte temporal e à evolução das demandas de água em função do desenvolvimento sócio econômico, aliados à capacidade financeira para programar efetivamente as ações de manutenção e melhoria ambiental.

Por consequência do aumento da demanda por recursos hídricos, exige-se o aprimoramento da gestão ambiental para não somente prevenir e controlar a poluição a fim de manter a qualidade ambiental em conformidade com os padrões ambientais, mas também garantir a manutenção e o aumento da disponibilidade hídrica. Portanto, se fez necessário se executar a revisão da Resolução CONAMA 20, resultando na publicação da Resolução CONAMA 357 em 2005, cuja lógica do enquadramento somente se aplica às águas superficiais, desde que se caracteriza como um processo de alocação de fontes de poluição no entorno dos corpos de águas superficiais, nas bacias hidrográficas que é a unidade de planejamento, com base em suas características hidrodinâmicas que possuem rápida capacidade de recuperação o que permite o lançamento de cargas poluidoras em função de sua atenuação, aliada à manutenção do volume no corpo hídrico.

Em 2005, surge então a necessidade de classificar as águas subterrâneas, para um posterior enquadramento que também se caracteriza em um processo de planejamento de uso e ocupação do território localizado sobre um determinado corpo hídrico subterrâneo (aquífero, conjunto de aquíferos ou porção destes), definido, entretanto com base em suas características hidrogeológicas que possui lenta capacidade de recuperação, não permitindo o lançamento direto de cargas poluidoras e uma vez contaminado exigirá muito investimento econômico e um longo tempo para sua remediação.

Em função dos critérios e/ou fundamentos diferenciados, as diretrizes ou resoluções não necessariamente devam abordar simultaneamente as águas superficiais e subterrâneas, apesar da necessidade de se executar a Gestão dos Recursos Hídricos de forma integrada.

Passados seis anos da publicação desta Resolução CONAMA 357 e mais de vinte anos da edição da Resolução CONAMA 20, o enquadramento ainda não é um instrumento totalmente entendido nem no âmbito das instituições que compõem o

SISNAMA nem das instituições que compõem o SINGREH, existindo ainda alguns desafios para a implantação desse instrumento.

Inicialmente tem que ser efetuado um levantamento na bacia hidrográfica sobre a identificação e priorização das necessidades dos usuários dos recursos hídricos, assim como os usos pretendidos da água e as fontes potenciais de poluição licenciadas, que deverão constar de um sistema de informação georreferenciado.

Após este diagnóstico preliminar de situação da bacia hidrográfica, deve-se implantar um monitoramento, de parâmetros mínimos e integrados das águas superficiais e subterrâneas, de suas qualidades e quantidade a fim de conhecer, controlar e efetuar sua gestão integrada.

## 8.2 - DIRETRIZES GERAIS AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.

Em razão das diferenças fundamentais entre as águas superficiais e subterrâneas, a Resolução CONAMA 357 não pode ser aplicada para o enquadramento das águas subterrâneas.

Portanto, em novembro de 2005 foi constituído um Grupo de Trabalho vinculado à Câmara Técnica de Controle e Qualidade Ambiental - CTCQA do CONAMA incumbido de propor uma minuta de Resolução CONAMA, que tivesse como objeto precípuo de trabalho uma proposta de Classificação das Águas Subterrâneas e estabelecimento de Diretrizes Ambientais para o Enquadramento das Águas no corpo hídrico subterrâneo. Considerando a necessidade de revisão da Resolução CNRH nº 12, de 19 de julho de 2000, para aperfeiçoamento dos procedimentos nela estabelecidos, tendo como referência as diretrizes e estratégias de implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para o enquadramento, e a Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, foi instituída Resolução CNRH nº 91 de 05 de maio de 2008 que estabelece procedimentos gerais para o enquadramento de corpos de água superficiais e subterrâneos.

O enquadramento das águas subterrâneas será realizado por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo às captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados no mínimo: a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica; a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição; o cadastramento de poços existentes e em operação; o uso e a ocupação do

solo e seu histórico; a viabilidade técnica e econômica do enquadramento; a localização das fontes potenciais de poluição; a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

Nos aquíferos em que a condição de qualidade da água subterrânea esteja em desacordo com os padrões exigidos para a Classe do seu enquadramento, deverão ser empreendidas ações de controle ambiental para a adequação da qualidade da água à sua respectiva classe, exceto para as substâncias que excedam aos limites estabelecidos devido à sua condição natural.

As ações de controle ambiental deverão ser executadas em função das metas do enquadramento, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias. A adequação gradativa da condição da qualidade da água aos padrões exigidos para a classe deverá ser definida levando-se em consideração as tecnologias de remediação disponíveis, a viabilidade econômica, o uso atual e futuro do solo e das águas subterrâneas, devendo ser aprovada pelo órgão ambiental competente. Constatada a impossibilidade da adequação prevista deverão ser realizados estudos visando o reenquadramento da água subterrânea. Medidas de contenção das águas subterrâneas deverão ser exigidas pelo órgão competente, quando tecnicamente justificado.

Os estudos para enquadramento das águas subterrâneas deverão observar a interconexão hidráulica com as águas superficiais, visando compatibilizar as respectivas propostas de enquadramento.

### 8.3 - ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO

Apesar da Lei Estadual nº 12984/2005 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, em seu artigo 12º, tratar sobre o enquadramento dos corpos de água em classes, ainda não se conseguiu definir o enquadramento das águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife de acordo com a proposta estabelecida pelo CONAMA na sua Resolução nº 396 de 05 de novembro de 2008. Diante disso tentou-se realizar o enquadramento das águas subterrâneas da RMR, mais precisamente para os aquíferos Beberibe e Cabo. Para isso catalogou-se 300 amostras de água provenientes dessas formações aquíferas, definindo-se com base na profundidade dos poços a que formação aquífera pertenceriam. (Anexo II).

O Plano de Enquadramento das Águas Subterrâneas dos aquíferos Beberibe e Cabo tem como base a Resolução CONAMA 396/2008

O capítulo II da Resolução CONAMA 396/2008 estabelece o seguinte:

#### DA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 3º As águas subterrâneas são classificadas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e.

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

O artigo 6º que estabelece as condições e padrões de qualidade, diz textualmente:

Art. 6º- Os padrões das Classes 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade-VRQ, determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis-LQPs.

Ainda referente aos padrões de qualidade o art.12 estabelece que:

Art. 12 - Os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente.

Parágrafo único. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes.

Os parâmetros selecionados para subsidiar o enquadramento das águas subterrâneas em classes foram escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas (aquífero, grau de confinamento, vulnerabilidade, profundidade do nível d'água) e hidrogeoquímicas (parâmetros físico-químico e bacteriológico), das fontes potenciais de poluição e do mapa de risco de contaminação. Os parâmetros físico-químico e bacteriológico selecionados para o enquadramento das águas subterrâneas na RMM, foram: pH, sólidos totais dissolvidos (STD), cloretos, turbidez, condutividade elétrica (CE), nitrato e coliformes termotolerantes.

As águas subterrâneas no momento do uso deverão atender os seguintes padrões:

- Consumo humano: os padrões de potabilidade da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde ou sua sucessora.
- Recreação: os padrões da resolução CONAMA 274/2000 ou sua sucessora.
- Irrigação e dessedentação de animais: os padrões deverão atender a legislação específica brasileira ou na sua falta, os valores recomendados pela "Food and Agricultural Organization".

Respeitada a legislação vigente, outros usos das águas subterrâneas poderão ter seus padrões ou valores estabelecidos pelos órgãos estaduais e/ou municipais.

A tabela 8.1 mostra os Padrões de Potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde.

Tabela 8.1 – Padrões de Potabilidade (Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde).

Parâmetro	Unid.	VMP	Parâmetro	Unid.	VMP	
<b>Padrão de Aceitação para Consumo Humano</b>						
I	Cor Aparente	uH	15	Turbidez	UT	5
	pH	-	6 - 5 <sup>*1</sup>			
II	Cloreto	mg/L	250	Sódio	mg/L	200
	Dureza Total	mg/L	500	STD	mg/L	1000
	Ferro Total	mg/L	0,3	Sulfato	mg/L	250
III	Xileno	mg/L	0,3	Tolueno	mg/L	0,17
	Etilbenzeno	mg/L	0,2			
<b>Padrão de Potabilidade para Substâncias Químicas que Representam Risco à Saúde</b>						
II	Nitrato	mg/L N	10	Nitrito	mg/L N	1
III	Benzeno	µg/L	5			
<b>Padrão Microbiológico de Potabilidade da Água para Consumo Humano</b>						
VII	Coliformes Totais	nº/100mL	Ausência			
<p>Notas :</p> <p>I - Parâmetros físicos e organolépticos.      *<sup>1</sup> - Recomendado</p> <p>II - Parâmetros químicos inorgânicos.      UT - Unidade de turbidez</p> <p>III - Parâmetros químicos orgânicos.      µg/L - Micrograma por litro</p> <p>VII - Parâmetros microbiológicos      mg/L - Miligrama por litro</p> <p>VMP - Valor Máximo Permitido</p> <p>uH - Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)</p>						

**Valor Máximo Permitido VMP.** Limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea.

A Tabela 8.2 mostra os Valores Máximos Permitidos (VMP) e os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP) dos parâmetros químicos, agrotóxicos e microorganismos das águas subterrâneas de acordo com a Resolução CONAMA nº 396.

Tabela 8.2- Valores Máximos Permitidos (VMP) e os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP) dos parâmetros químicos, Agrotóxicos e Microorganismos das águas subterrâneas de acordo com a Resolução **CONAMA nº 396**, para cada um dos usos considerados como preponderantes.

Parâmetros	Nº CAS	Usos Preponderantes da Água				Limite de Quantificação Praticável - (LQP)
		Consumo Humano	Dessedentar Animais	Irrigação	Recreação	
<b>Parâmetros Inorgânicos das Águas Subterrâneas (<math>\mu\text{g.L}^{-1}</math>)</b>						
Cloreto	16887-00-6	250.000 (1)	-	100.000 a 700.000	400.000	2.000
Ferro	7439-	300 (1)	-	5.000	300	100
Nitrato NO3	14797-	10.000	90.000	-	10.000	300
Nitrito NO2	14797-	1.000	10.000	1.000	1.000	20
Sódio	7440-	200.000	-	-	300.000	1.000
STD	-	1.000.000	-	-	-	2.000
Sulfatos	-	250.000	1.000.000	-	400.000	5.000
<b>Parâmetros orgânicos das Águas Subterrâneas (<math>\mu\text{g.L}^{-1}</math>)</b>						
Benzeno	71-43-	5	-	-	10	2
Fenóis	-	3	2	-	2	10
Etilbenzeno	100-	200 (1)	-	-	-	5
Tetracloroetano	127-	40	-	-	10	5
Tolueno	108-	170	24	-	--	5
Xileno Total (0+m+p)	0-95-47-6/m-108-383/10	300	-	-	-	5 para cada
<b>Microorganismos das Águas Subterrâneas(nº/100mL)</b>						
<i>E. coli</i>	-	Ausentes	200	-	800	-
Enterococos	-	-	-	-	100	-
Coliformes termotolerantes	-	Ausentes	200	-	1.000	-

Com base na Resolução nº 396 do CONAMA, bem como nos valores das tabelas 8.1, 8.2 e nos parâmetros da tabela do anexo II, foram enquadradas as águas subterrâneas dos aquíferos Beberibe e Cabo.

As águas do aquífero Cabo em sua grande maioria (80%) se enquadraram na Classe 1, ou seja, se apresentam sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, não exigindo tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às

suas características hidrogeoquímicas naturais. 10% de suas águas se enquadraram na classe 3, e 10% se enquadraram na classe 4.

As águas do aquífero Beberibe em sua grande maioria (84%) se enquadram na classe 1, ou seja, se apresentam sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, não exigindo tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais. Algumas amostras (13%) se enquadraram na classe 3. O restante, 3% se enquadram na classe 4.

## 9.0 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 9.1. ÁREA CONTAMINADA

Segundo Branco (1984) e Branco *et al.*, (1991), cabe interpretar como poluição a introdução de substâncias ou elementos estranhos no interior de um manancial hídrico de forma a modificar a qualidade das suas águas tornando-as impróprias às formas de vida que ele normalmente abriga, enquanto a contaminação seria o fato resultante da qualidade da água ser degradada notavelmente de forma a perder suas características de água potável. Nesse sentido, a contaminação pode ser um caso particular de poluição. Uma água contaminada, entretanto, não necessariamente reflete uma poluição. A simples existência na água, de um aquífero, de um elemento tóxico prejudicial à saúde do homem ou mesmo uma salinização, indica uma contaminação, porém o ambiente pode não ter sido alterado significativamente de forma a caracterizar uma poluição.

A poluição, portanto, caracteriza-se mais pelos efeitos ecológicos, que produzem transformações ao meio ambiente, enquanto a contaminação não tem sentido ecológico, mas eminentemente utilitário. Assim, é mais comum a ocorrência de processos de contaminação do que de poluição nas águas subterrâneas.

No Brasil, o conceito de “área contaminada” foi discutido por Gloeden (1999) e Sanchez (2001) e definido pela CETESB, órgão ambiental do Estado de São Paulo, no “Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas” (CETESB, 2001a), no qual é apresentada a seguinte definição: “área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias nocivas ao homem, ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural”.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA (2003), conforme descrito no Anteprojeto de Lei sobre Proteção da Qualidade do Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas considera-se “área contaminada aquela área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contém quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam comprovadamente causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger”.

Segundo Cunha (1997), a origem de áreas contaminadas pode estar associada a diferentes fontes de poluição, sendo as mais usuais as de natureza industrial, de sistemas de tratamento e disposição de resíduos e as relacionadas ao

armazenamento e distribuição de substâncias químicas, como por exemplo, as de comercialização de combustíveis.

A legislação da Alemanha - Federal Ministry for the Environment 1998 - definiu como área contaminada os locais abandonados de disposição, tratamento ou armazenagem de resíduos e áreas industriais abandonadas, onde substâncias ambientalmente perigosas foram manejadas, causando mudanças prejudiciais à qualidade do solo ou outros perigos para a saúde individual e/ou coletiva.

A legislação do Reino Unido adota a definição bastante ampla para o termo área contaminada. Segundo esta legislação pode-se considerar como área contaminada qualquer terreno que venha ao conhecimento da autoridade local devido ao perigo de ocorrer ou à ocorrência de poluição, causada pela existência de substância acima, abaixo ou mesmo dentro do terreno (Porteous, 2000).

Os contaminantes podem se concentrar em sub-superfície, tanto acima como abaixo do nível da água subterrânea. As formas como podem ser encontrados são: produto puro preenchendo os poros da rocha, adsorvido no material sólido como solo, sedimento, rocha e no material utilizado para aterrar o terreno, dissolvido na água subterrânea, forma de vapor, quando o contaminante é volátil, dissolvido no fluido gasoso que preenche os poros da zona não saturada do meio geológico. Em superfície os contaminantes podem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas das construções (CETESB, 2001,a).

A partir destes compartimentos, os contaminantes podem ser transportados através do ar, solo, águas subterrâneas e superficiais (denominados de vias de propagação), alterando suas características naturais e podendo causar impactos negativos e/ou riscos à saúde humana ou ao meio ambiente considerados como bens a proteger, estejam eles localizados na própria área ou em seus arredores (CETESB 2001a).

Particularizando o enfoque ao solo, o termo “degradação” é mais abrangente, englobando também o termo “poluição”. Assim, “degradação do solo”, significa a ocorrência de alterações negativas em suas propriedades físicas, como estrutura ou grau de compactação, perda de matéria devido à erosão e alteração de características químicas frente a processos como salinização, lixiviação, deposição ácida e introdução de poluentes (Sánchez, 2001).

## 9.2 - DIFERENTES TIPOS DE CONTAMINANTES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os diferentes tipos de contaminantes das águas subterrâneas podem ser definidos como:

- conservativos na água: não sofrem separação da água e somente há acumulação dissolvida em pequenos aportes (por exemplo, o íon cloreto, ou o íon sulfato no meio oxidante);
- conservativos no meio: não sofrem alteração porém se distribuem entre a água e o meio, donde são adsorvidos ou trocados ionicamente;
- degradáveis: se transformam em outras substâncias por ações químicas e/ou bioquímicas (em geral processos redox) com certa velocidade de reação (cinética);
- desintegráveis: se transformam em outras substâncias quando são radioativas, de acordo com sua natureza e período de semi-desintegração;
- biológicos: capazes de produzir efeitos biológicos associados a ADN ou por gerar substâncias tóxicas derivadas de sua atividade vital;

Os tipos de contaminantes são muito diversos e a título indicativo podem ser agrupados nos seguintes grupos:

- Minerais:
  - naturais
  - artificiais
- De reação com o aquífero
- De processos de redox
- Orgânicos:
  - dos seres vivos
  - hidrocarbonetos
  - solventes
- Agrícolas:
  - fertilizantes
  - praguicidas em geral (fitossanitários)
  - corretores do solo
- Industriais, energéticos, nucleares
- Procedentes de depósitos de resíduos
- Biológicos

A contaminação originada poderá ser pontual, quando a fonte está concentrada sobre uma pequena superfície ou se trata de uma perfuração ou poço, ou ainda difusa quando o contaminante se estende - mesmo que seja a uma pequena concentração - sobre uma grande superfície, como é o caso de áreas extensas de irrigação ou urbanas, ou do transporte por via atmosférica. Quando a fonte de contaminação é um rio ou canal, define-se se como uma contaminação linear. Em geral, os efeitos das contaminações pontuais dão origem a concentrações elevadas localizadas em

“penachos”, podendo se apresentar como estratificações no aquífero, enquanto o da difusa tendem a criar uma estratificação regionalizada e os mananciais e poços suficientemente penetrantes tendem a produzir uma mistura de água contaminada e não contaminada, em proporções crescentes no tempo.

As fontes de contaminação podem ter inúmeras origens. Segundo Daggett (1989) elas podem ser subdivididas em seis categorias. (tabela 9.1)

Outra classificação de contaminantes mais completa é a de Foster et al (1987), apresentada no tabela 9.2, em que mostra as características da carga contaminante, tais como: a distribuição quanto ao meio (urbano ou rural) e quanto ao dispositivo (pontual, linear ou difusa), o principal contaminante e ainda uma classificação relativa de sobrecarga hidráulica e de descarga sob o nível do solo.

A contaminação pode ser efetuada pelo homem das seguintes formas:

- intencional, quando o sistema é projetado para disposição e/ou tratamento com infiltração no subsolo, tais como fossas sépticas, aplicação de efluentes no subsolo, poço de injeção, etc.,
- incidental quando a descarga no subsolo não é controlada por atividades planejadas, como aterros sanitários, lagoas de efluentes, esgoto industrial e urbano, cultivo agrícola, lavagem de minérios, cemitérios, águas superficiais contaminadas, disposição de contaminantes atmosféricos;
- acidental quando os sistemas de armazenamento ou transporte são projetados para não descarregarem no subsolo, exceto em caso de rupturas e fugas, como tanques de armazenamento e tubos sobre o terreno e enterrados, transporte terrestre, etc;
- clandestina quando a contaminação é feita por práticas não autorizadas, como lixões, vertedouros, injeção em poços abandonados, águas superficiais contaminadas, disposição de contaminantes atmosféricos, etc. (Foster *et al.*, 1993).

O soluto que se infiltra no solo resulta da dissolução do produto contaminante. Se este é um despejo líquido como os provenientes de esgotos urbanos, indústrias ou regaduras, sua infiltração como soluto na zona não saturada do solo pode ser “in natura” ou mais diluída pela infiltração das águas pluviais; se é um despejo sólido, como o lixo urbano, industrial ou resíduo de minérios, os solutos resultam da lixiviação produzida pela infiltração das chuvas e escoamentos superficiais; finalmente, se são partículas lançadas na atmosfera, como as fumaças que vêm das chaminés das indústrias, seu contato com as águas da chuva pode formar chuva ácida que se infiltra para constituir os solutos.

Tabela 9.1. - Classificação de fontes de contaminação de Águas Subterrâneas Daggett(1989)

<b>CATEGORIA I - Fontes projetadas para descarregar substâncias</b>	<b>CATEGORIA III - Fontes projetadas para reter substâncias durante transporte ou transmissão</b>
Percolação subterrânea (fossas, tanques sépticos, etc)	Tubulação
Poços de injeção:	Resíduos perigosos ou não perigosos
Resíduos perigosos ou não perigosos	Transporte de materiais e Operações de Transferência
Aplicação no solo	Resíduos perigosos ou não perigosos
Água residual (irrigação por aspersão, p.e.)	<b>CATEGORIA IV - Fontes liberando substâncias como consequência de outras atividades planejadas</b>
Subproduto de água residual (lama p.e.)	
Resíduos perigosos	Práticas de Irrigação
Resíduo não perigosos	Aplicações de Pesticida
<b>CATEGORIA II - Fontes projetadas para armazenar e/ou dispor de substâncias; descarga através de ações não planejadas</b>	Aplicações de Fertilizantes
	Operações envolvendo animais em estábulos
	Aplicações de sal para descongelamento de gelo
Aterros	Escoamento Urbano
Resíduos Industriais perigosos ou não perigosos	Percolação de Poluentes Atmosféricos
Aterro municipal	Mineração e Lixiviação de Minas
Lixões, incluindo disposição ilegal	Mineração de superfície
Disposição de Resíduos Residenciais (locais)	Mineração de sub-superfície
Lagoas Superficiais	<b>CATEGORIA V - Fontes que providenciam conduto ou induzem descarga através de padrões de fluxo alterados</b>
Resíduos perigosos ou não perigosos	
Não resíduo	
Rejeito de resíduos	Poços de extração
Pilhas de resíduos	Poços de óleo ou gás
Cemitérios	Poços geotermiais e de recuperação de calor
Sepultamento de animais	Poços de suprimento
Tanques de armazenamento acima da superfície	Outros poços
Resíduos perigosos ou não perigosos	Poços de monitoramento e de exploração
Não resíduos	Escavação de construção
Tanques de armazenamento subterrâneos	<b>CATEGORIA VI - Fontes de ocorrências naturais em que a descarga é criada ou exacerbada pela atividade humana</b>
Resíduos perigosos ou não perigosos	
Não resíduos	
Depósitos em "containers"	Interações de Água Subterrânea e Superficial
Escavações abertas e áreas de explosão	Percolação Natural
Áreas de disposição de material radioativo	Intrusão de Água Salgada/Salobra (ou intrusão de outra

Tabela 9.2 - Atividades humanas mais comuns que originam cargas contaminantes em aquíferos Foster *et al.* 1987

ATIVIDADES	CARACTERÍSTICA DA CARGA CONTAMINANTE			
	Distribuição	Principal contaminante	Sobrecarga hidráulica	descarga sob nível do solo
<b>URBANA</b>				
Saneamento sem esgoto	u/r P-D	n f o	+	*
Vazamento de esgotos (a)	u P-L	o f n	+	*
Lagoas de oxidação	u/r P	o f n	++	*
Descarga de águas residuais na superfície(a)	u/r P-D	n s o f	+	
Rios e canais de recepção (a)	u/r P-L	n o f	++	*
Lixiviados de lixões/aterros sanitários	u/r P	o s m		*
Tanques de combustível	u/r P-D	o		*
Drenos de rodovias	u/r P-D	s o	+	*
<b>INDÚSTRIA</b>				
Vazamento de tanques ou tubos	u P-D	o m		*
Derramamento acidental	u P-D	o m	+	
Lagoas de efluentes	u P	o m s	++	*
Lançamentos de efluentes superficiais	u P-D	o m s	+	*
Canais e rios receptores	u P-L	o m s	++	*
Lixiviado de resíduos sólidos	u/r P	o m s		*
Drenos de pátios	u/r P	o m	++	*
Material em suspensão e gases	u/r D	s o		
<b>AGRÍCOLA (c)</b>				
<b>a - Áreas de cultivo</b>				
- com agroquímicos	r D	n o		
- e com irrigação	r D	n o s	+	
- e com irrigação de águas residuais	r D	n o s f	+	
<b>b - Criação de gado/Processamento colheita</b>				
- lagoas efluentes sem revestimento	r P	f o n	++	*
- lançamento em superfície	r P-D	n s o f		
- canais e rios com efluente	r P-L	o n f		*
<b>EXTRAÇÃO MINERAL</b>				
Desmonte hidráulico	r/u P-D	s m		*
Descarga de água de drenagem	r/u P-D	m s	++	*
Lagoas de decantação sem revestimento	r/u P	m s	+	*
Lixiviado de resíduos sólidos	r/u P	s m		*

(a) Pode incluir componentes industriais industriais (b) Pode também ocorrer em áreas industriais

(c) Intensificação apresenta aumento no risco de contaminação

u/r - Urbano/Rural - P - Pontual ; L - Linear ; D - Difuso

n - nutrientes f - patógenos fecais o - compostos micro-orgânicos sintéticos e/ou carga orgânica

s - salinidade m - metais pesados

Os solutos assim formados irão atravessar toda a zona não saturada até chegar ao aquífero. Na zona não saturada o fluxo do soluto é sempre na vertical, isto é, segundo o efeito da gravidade, enquanto que na zona saturada, obedece às direções de fluxo do aquífero (Fig 9.1).

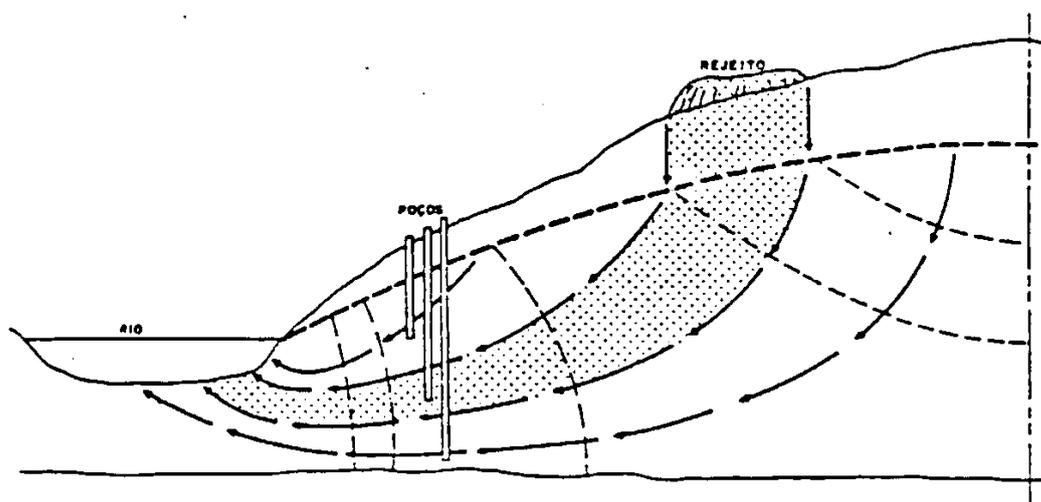


Figura 9.1 - Fluxo do soluto nas zonas não saturada e saturada (Miler,1977, in Silva,1999)

As fontes de poluição podem ser designadas ainda segundo o critério adotado nos Estados Unidos, que identificou 33 fontes conhecidas de contaminação da água no solo relacionadas a problemas de poluição das águas subterrâneas, agrupando-as em seis categorias, com base na natureza de suas descargas (Canter *et al.*, 1988).

Categoria I - Fontes relacionadas com substâncias originárias de descargas diversas:

- percolações de subsuperfície: tanques sépticos e fossas sanitárias;

- poços de injeção: resíduos perigosos e não perigosos, como de salmouras e drenagens diversas; e substâncias primárias ( recuperação dos níveis d'água , recarga artificial, soluções de minerações, transportadas e in situ, etc);

- adubação: águas residuais (irrigação do tipo “spray”) e águas residuais geradas por produtos e/ou insumos (lodos); resíduos perigosos, nocivos, e não perigosos.

Categoria II - Fontes relacionadas com armazenamento, tratamento e/ou disposição de substâncias diversas; descargas não planejadas:

- aterros diversos: resíduos industriais perigosos e não perigosos; resíduos de aterros sanitários municipais;

- monturos de lixo e despejos a céu aberto, incluindo lixões e despejos ilegais;

- disposições de resíduos residenciais (ou locais);

- barramentos/açudes ou tanques de superfície: resíduos perigosos e não perigosos;

- resíduos de refugos minerários;

- resíduos de pilhas de materiais industriais, perigosos e não perigosos;

- matérias primas diversas estocadas (não residuais);

- cemitérios públicos e sítios de sepultamento de animais;

- tanques de armazenamento apoiados: resíduos perigosos e não perigosos; produtos primários, não residuais;

- tanques de armazenamento enterrados: resíduos perigosos e não perigosos; produtos primários, não residuais;

- contêineres: resíduos perigosos e não perigosos; produtos primários;

- sítios de queima a céu aberto e sítios de detonação de explosivos;

- sítios de disposição de lixo e resíduos radiativos.

Categoria III - Fontes que retêm substâncias durante o transporte ou transmissão:

- condutos e encanamentos diversos - resíduos perigosos e não perigosos; produtos primários, não residuais;

- materiais oriundos de operações de transporte ou transferência: resíduos perigosos e não perigosos, e produtos primários.

Categoria IV - Fontes de substâncias de descargas diversas originadas por outras atividades planejada

- práticas de irrigação ( ex.: fluxo de retorno das águas de irrigação);

- aplicações de pesticidas e de fertilizantes;

- operações de alimentação de animais;

- aplicações de sais para degelo;

- "runoff" urbano;
- percolação de poluentes atmosféricos;
- mineração e drenagem de minas: subterrâneas e a céu aberto.

Categoria V - fontes originárias de descargas por condução ou indução, através de configurações e mudança de fluxo:

- poços de produção: petróleo, gás, vapor e recuperação de vapor geotérmico; abastecimento de água;
- outros poços: monitoramento, exploração geológico-geotécnica, etc, construção.

- Categoria VI - Fontes de poluição que ocorrem naturalmente, nas quais as descargas são criadas ou exacerbadas por atividades humanas:

- interações entre as águas superficiais e as águas subterrâneas;
- lixiviação natural;
- intrusão salina de águas salgadas e salobras, induzidas pelo rebaixamento dos níveis d'água, ou intrusão de outras águas de qualidade naturalmente pobre ou ruim.

Em seu movimento pelo subsolo, desde o momento da infiltração, os contaminantes sofrem uma série de processos que atuam como autodepurador, podendo provocar uma diluição, uma retardação na chegada à zona saturada ou mesmo uma eliminação, como é mostrado na figura 9.2.

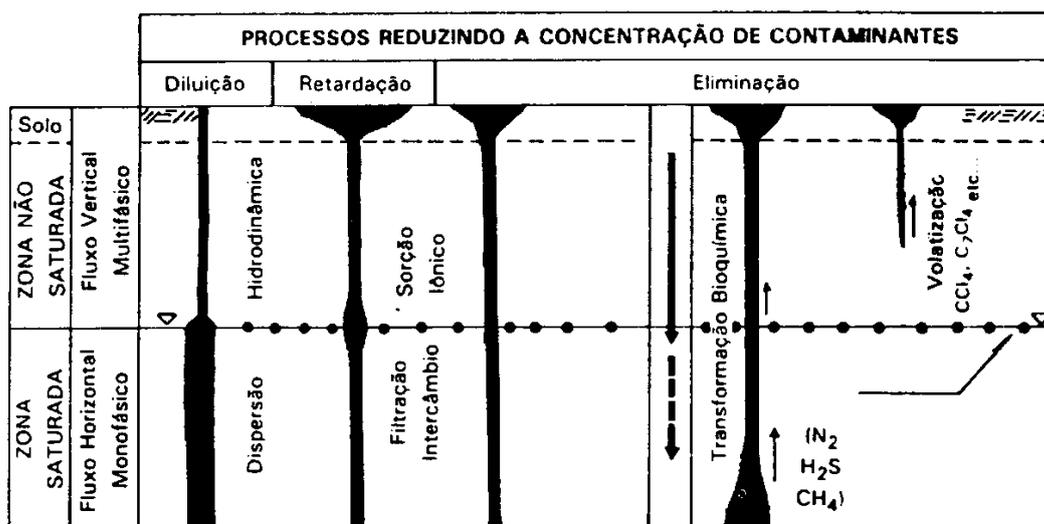


Figura 9.2 - Processos de atenuação em subsuperfície (Glowler,1983, in Hirata,1996)

Esses mesmos processos também ocorrem na zona saturada, porém com menor intensidade, com exceção da dispersão que é maior. Em termos gerais, podem ser resumidos em:

a) processos físicos:

- difusão para os poros semi-fechados e porções de baixa permeabilidade (em especial em meios fraturados)
- dispersão hidrodinâmica
- filtração mecânica na superfície do terreno, zona filtrante dos poços e paredes de fissuras.

b) processos químicos:

- formação de complexos iônicos
- reações superficiais de adsorção
- reações superficiais de troca iônica
- precipitação e co-precipitação
- quimisorção (lenta)
- reações redox

c) processos radioativos:

- desintegração radioativa durante o tempo de permanência no meio

d) processos biológicos: síntese celular (N, C, S, P)

- degradação aeróbica e anaeróbica a produtos finais com metabolitos intermediários

### 9.3 - PRINCIPAIS CONTAMINANTES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA RMR

Levantamentos realizados na RMR por Costa *et. al.* (2002), indicaram como fontes potenciais de contaminação, nada menos que 746 indústrias ( tabela anexo I), 324 postos de combustível (tabela anexo I), 128 hospitais ( tabela anexo I), 04 lava jatos, 06 lavanderias, 01 gráfica, 01 matadouro, 04 garagens de ônibus, 04 mecânicas e 18 cemitérios, tabela 04 – anexo), e 28 lixões ( tabela anexo I). Não se sabe, todavia, até que ponto essas fontes efetivamente poluem as águas do aquífero freático por falta de um programa de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas do aquífero freático, capaz de mostrar a distribuição espacial das eventuais plumas de contaminação existentes.

A contaminação mais provável é por esgotos domésticos (basicamente nitratos oriundo de lixões e fossas), como também por hidrocarbonetos monoaromáticos (produtos da indústria de petróleo) provenientes dos postos de combustível e de lubrificantes. Os acidentes advindos dos derramamentos provenientes de

combustíveis crescem dia a dia, contaminando as águas subterrâneas, tornando-se assim uma preocupação para os governantes. As captações de água mineral com maior vulnerabilidade e risco de contaminação são naturalmente as surgências, seguidas dos poços com profundidade inferior a 50 m, porém essas unidades representam apenas 19% do total. Os 81% restantes correspondem a poços com profundidade superior a 50 m (Correia, 2006).

No mapa geológico e de vulnerabilidade em anexo, foram plotadas as potenciais fontes de contaminação das águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife, que foram cadastradas para a execução deste trabalho.

## 10. VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS

O art. 68 do Decreto 20.423/98 do Governo de Estado de Pernambuco reza que os projetos de disposição de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos deverão conter descrição detalhada da caracterização hidrogeológica de sua área de localização, que permita a perfeita avaliação de vulnerabilidade das águas subterrâneas, assim como a descrição detalhada das medidas de proteção a serem adotada.

Lobo Ferreira & Cabral (1991) propuseram que o conceito de vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas fosse definido em Portugal, de acordo com as conclusões da conferência internacional sobre “Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants”, realizada em 1987, na Holanda como: a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero.

Como vulnerabilidade de um aquífero, define-se o maior ou menor grau de disponibilidade que esse aquífero apresenta de sofrer uma contaminação. O risco potencial de contaminação das águas subterrâneas, em sua conceituação básica, é atribuído à interação entre dois fatores fundamentais: primeiro, a carga contaminante lançada no solo como resultado de atividade humana; segundo, a vulnerabilidade natural do aquífero de ser afetado por esta carga contaminante (Foster et al ,1987).

Deste modo o conceito de vulnerabilidade das águas subterrâneas se diferencia da definição de risco de poluição, pois, esse depende não só da vulnerabilidade, como também da existência de carga poluente que possam poluir o meio subterrâneo. Portanto, é de extrema importância a diferenciação entre o conceito de vulnerabilidade e risco de poluição. Os eventos de poluição das águas subterrâneas e as suas reais consequências na qualidade do ambiente, ou no grau de interferência do abastecimento público, não são considerados na definição de vulnerabilidade. A gravidade deste impacto dependerá também da magnitude do episódio e da importância do recurso hídrico subterrâneo afetado, e não só da vulnerabilidade do aquífero à poluição. O risco é causado pela existência de atividades poluentes que podem em princípio ser controladas, e pelas características intrínsecas do aquífero, geralmente estáveis.

Quando falamos em análise da vulnerabilidade à poluição, deve-se levar em consideração também à vulnerabilidade de um aquífero de acordo com o tipo de poluente presente. A qualidade da água de um aquífero pode ser pouco vulnerável a uma carga poluente de microrganismos patogênicos, resultante de uma descarga efluente não tratada, e no entanto pode ser muito vulnerável a uma carga poluente de nitratos à superfície resultante de más práticas agrícolas

Portanto, deve-se avaliar a vulnerabilidade à poluição de um aquífero em relação a um grupo específico de poluentes, nutrientes, metais pesados, microrganismos patogênicos, compostos orgânicos etc., deste modo se aplica um conceito de vulnerabilidade específica.

A carga contaminante é caracterizada em função de sua classe, intensidade, modo de disposição no terreno e duração, enquanto que a vulnerabilidade do sistema aquífero depende da litologia e estrutura hidrogeológica do terreno. Portanto, a carga contaminante pode ser controlada ou modificada, o que não acontece com a vulnerabilidade do aquífero, a não ser quando as condições naturais são alteradas mediante a remoção de solos (caso de fossas sépticas, por exemplo) ou de material da zona insaturada, o que pode tornar o aquífero mais vulnerável.

A Figura 10.1 apresenta o esquema conceitual de risco de contaminação das águas subterrâneas, observa-se a possibilidade de se obter uma alta vulnerabilidade sem riscos de contaminação, pela ausência de uma carga significativa de contaminante, e vice versa.

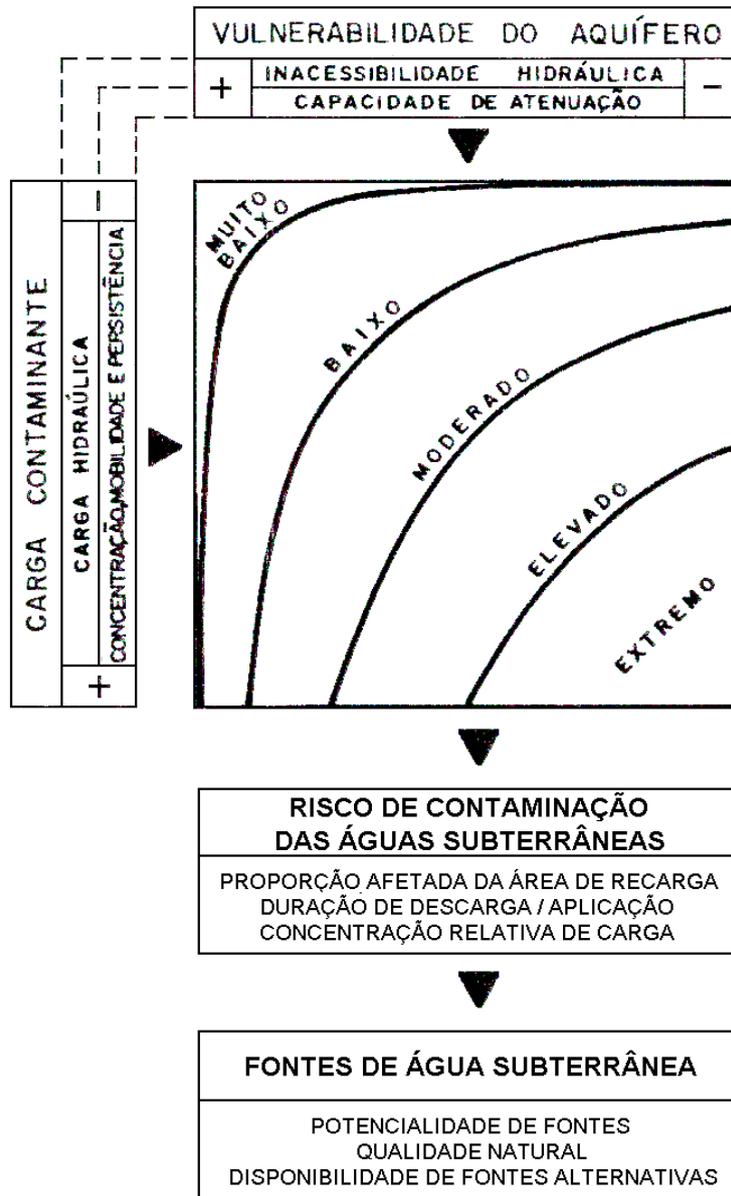


FIGURA 10.1 - Esquema conceitual de risco de contaminação (Foster *et al.*, 1987).

## 10.1 - MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO

Atualmente se dispõe de um considerável número de métodos de avaliação a vulnerabilidade natural de um aquífero como os métodos DRASTIC, AVI, EPPNA e IMPACT. O adotado para a realização desta tese foi o método GOD, desenvolvido por Foster (1987). Este método é amplamente aplicado nos países da América Latina em virtude do seu bom desempenho, menor custo e maior facilidade para a obtenção das informações nele utilizadas.

Para Manoel Filho (2004), a caracterização da vulnerabilidade deve ser adaptada ao uso pretendido e até mesmo adaptada a condições locais. Deste modo na gestão da água subterrânea, na identificação de atividades potencialmente geradoras de contaminação, na implantação de novas atividades extrativas de água e no planejamento ambiental, devem-se considerar os diferentes tipos de avaliação de vulnerabilidade.

### 10.1.1 - Método GOD

Foster (1987), desenvolveu o método GOD considerando-se 3 parâmetros a saber:

- G (Groundwater occurrence) - forma de apresentar-se a água subterrânea (aquífero livre, semi-confinado, confinado ou não há aquífero)
- O (Lithology of the Overlying layers) - caracterização global do aquífero quanto ao grau de consolidação e natureza litológica das camadas superiores
- D (Depth of Groundwater) - profundidade até o nível freático ou topo do aquífero confinado

Foster (1987) definiu o cálculo do seu valor como resultado de um conjunto de operações sequenciais. Três fatores são determinados em fases distintas. A primeira fase num intervalo de 0 – 1 identifica-se o tipo de ocorrência da água subterrânea. Na segunda fase, identifica-se os tipos litológicos acima da zona saturada do aquífero, com a discriminação do grau de consolidação (presença e ausência de permeabilidades secundárias), assim como as características da granulometria e litologia; este fator é representado numa escala de 0,3 a 1,0. A terceira fase que vai de uma escala de 0,4 a 1,0, é a estimativa da profundidade do nível da água (ou do teto do aquífero confinado). Do produto destes três parâmetros se terá o índice de vulnerabilidade em termos relativos, que será expresso numa escala de 0 a 1

A figura 10.2 mostra os resultados que serão expressos em termos qualitativos, em índices de vulnerabilidade extremo, alto, médio, baixo e nulo. Esses índices expressam o seguinte: uma vulnerabilidade nula indicará a inexistência de um aquífero, seja pela baixa qualidade natural, ou pela ausência de água em quantidades aproveitáveis. O índice baixo está indicando que o aquífero é vulnerável a apenas compostos extremamente móveis e persistentes, tais como sais, nitratos e alguns solventes organo-sintéticos. O índice médio indica um aquífero susceptível a contaminantes moderadamente móveis e persistentes, tais como hidrocarbonetos halogenados ou não, e alguns metais pesados, os sais menos solúveis incluem-se nesse grupo. O índice alto indica um aquífero vulnerável a muitos contaminantes exceto aqueles que são muito absorvíveis e/ou facilmente transformáveis. O índice extremo é indicativo de um aquífero que possui susceptibilidade às contaminantes degradáveis, como vírus e bactérias, sendo vulnerável a maioria dos contaminantes da água com um impacto relativamente rápido.

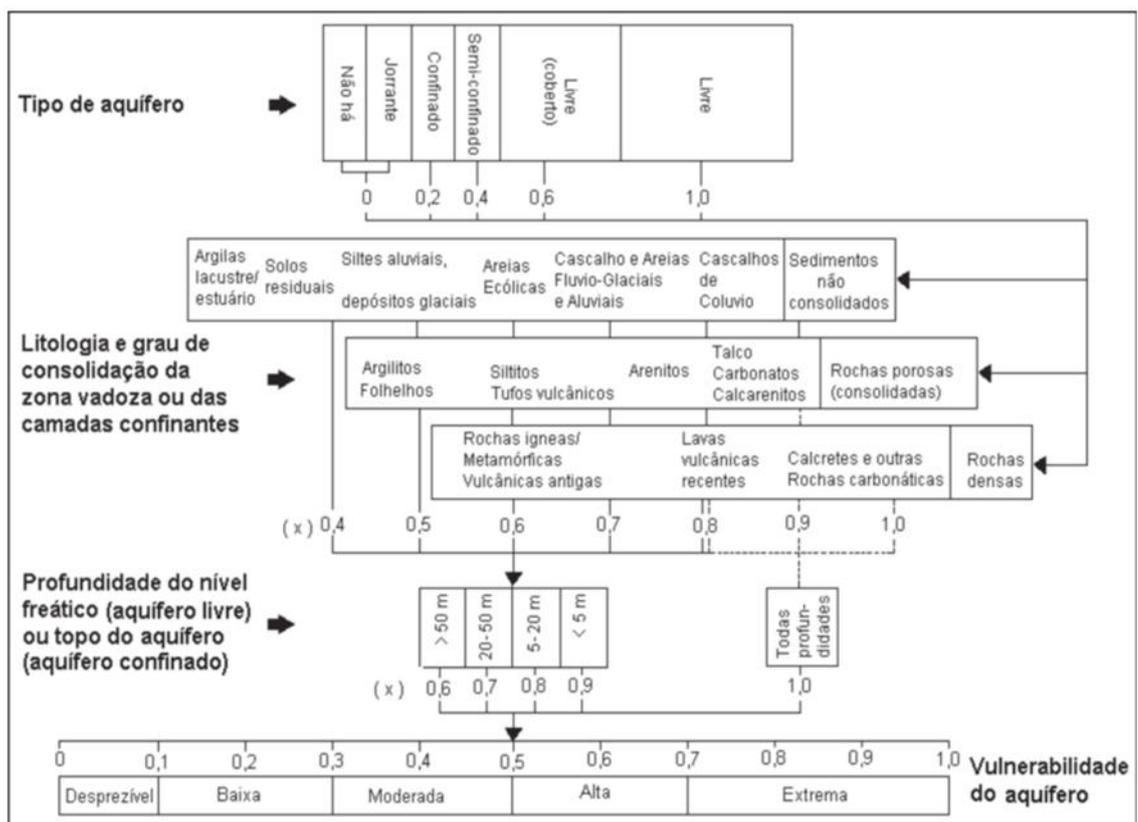


Figura 10.2 esquema de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos pelo método GOD (Foster *et al.*, 2002)

## 10.2 - VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO BEBERIBE DA REGIÃO NORTE DA RMR

A CPRH no ano de 2005 elaborou o Estudo da Vulnerabilidade e Proposta de Proteção de Aquíferos da Faixa Costeira Norte de Pernambuco chegando às seguintes conclusões em relação às Classes de Vulnerabilidade Natural do aquífero Beberibe:

### 10.2.1 - Vulnerabilidade Extrema

Abrange a parte centro-oeste da área incluindo grande parte do município de Abreu e Lima, como também grande parte das nascentes de rios e riachos.

Corresponde principalmente às áreas aflorantes dos sedimentos que compõem o aquífero Beberibe. Nessas áreas, o aquífero Beberibe comporta-se como um aquífero livre e o nível freático encontra-se próximo à superfície (< 20 metros) e em alguns casos, sub-aflorante (< 5 metros), com solo muito permeável. Sendo consideradas áreas de recarga de aquífero.

Nessa classe pertencem ainda as áreas onde o aquífero Beberibe está encoberto por sedimentos com permeabilidade alta, tais como: areias e cascalhos aluviais e coluviais, e outros sedimentos não consolidados. Nessas áreas, comporta-se como um aquífero livre ou como um sistema confinado drenante.

### 10.2.2 - Vulnerabilidade Alta

Abrange os municípios de Paulista, Abreu e Lima e Igarassu. No entorno da BR-101 até a entrada para a PE-035 (Itamaracá), incluindo também áreas de Paulista – Paratibe até o estuário do rio Igarassu. Corresponde às áreas aflorantes dos sedimentos que compõem o aquífero Beberibe Superior.

### 10.2.3 - Vulnerabilidade Variável

Nesse caso, a vulnerabilidade irá depender de vários fatores como por exemplo, do desenvolvimento do sistema aquífero cárstico-fissural, das fraturas e falhas que cortam a área e do contato na borda do aquífero com os calcários cinzentos, mais ou menos argilosos com intercalações de níveis de margas e argilas. Compreende as áreas onde o aquífero Beberibe acha-se sob sedimentos arenosos variando de conglomerado a areia média; sedimentos areno-argilosos; sedimentos arenosos de

elevada permeabilidade, e sedimentos friáveis diversos. Nas áreas onde o aquífero Beberibe acha-se recoberto por calcários cinzentos, mais ou menos argilosos, comporta-se como aquífero confinado a semi-confinado.

Na faixa costeira essa classe está localizada entre o limite sul da área em apreço e o Canal de Santa Cruz, possuindo grandes áreas com estuários. Geologicamente é muito fraturada, como ao longo da Falha do Rio Botafogo e no sistema de fraturas e falhas da Ilha de Itamaracá.

#### 10.2.4 - Vulnerabilidade Baixa

Nessa zona incluem-se duas faixas dispostas no sentido norte-sul: uma litorânea, localizada no extremo leste da área estudada e outra interior, situada a oeste. A faixa litorânea engloba as zonas urbanas praieiras dos municípios de Paulista e Itamaracá.

Nessas áreas o aquífero Beberibe acha-se recoberto por calcários cinzentos mais ou menos argilosos com intercalações de níveis de margas e argilas, e por sedimentos recentes não permeáveis, bem como por sedimentos arenosos variando de conglomerado e areia média e sedimentos areno-argilosos sobrepostos a sedimentos carbonáticos. Nessas áreas, o aquífero Beberibe comporta-se como um aquífero confinado drenante a confinado não drenante. Considerando a baixa vulnerabilidade do aquífero Beberibe nessas áreas, a implantação de empreendimentos potencialmente poluidores, expõe o mesmo a um risco menor, se comparado ao das demais faixas de vulnerabilidade, contudo, é recomendável que os proprietários de empreendimentos a serem instalados nessa zona apresentem estudo geológico em escala que permita verificar a ocorrência, na área, de eventual afloramento da Formação Beberibe, o que elevaria o índice de vulnerabilidade GOD in situ.

#### 10.2.5 - Vulnerabilidade Desprezível

Compreende as áreas onde aflora o embasamento cristalino (Araçoiaba e Itaqui) ou os sedimentos arenosos variando de conglomerado a areia média; os sedimentos areno-argilosos e os sedimentos arenosos de elevada permeabilidade que estão sobre o embasamento, caracterizando a não existência do aquífero Beberibe.

De acordo com o descrito acima a CPRH elaborou um mapa de vulnerabilidade para o aquífero Beberibe (figura 10.3)

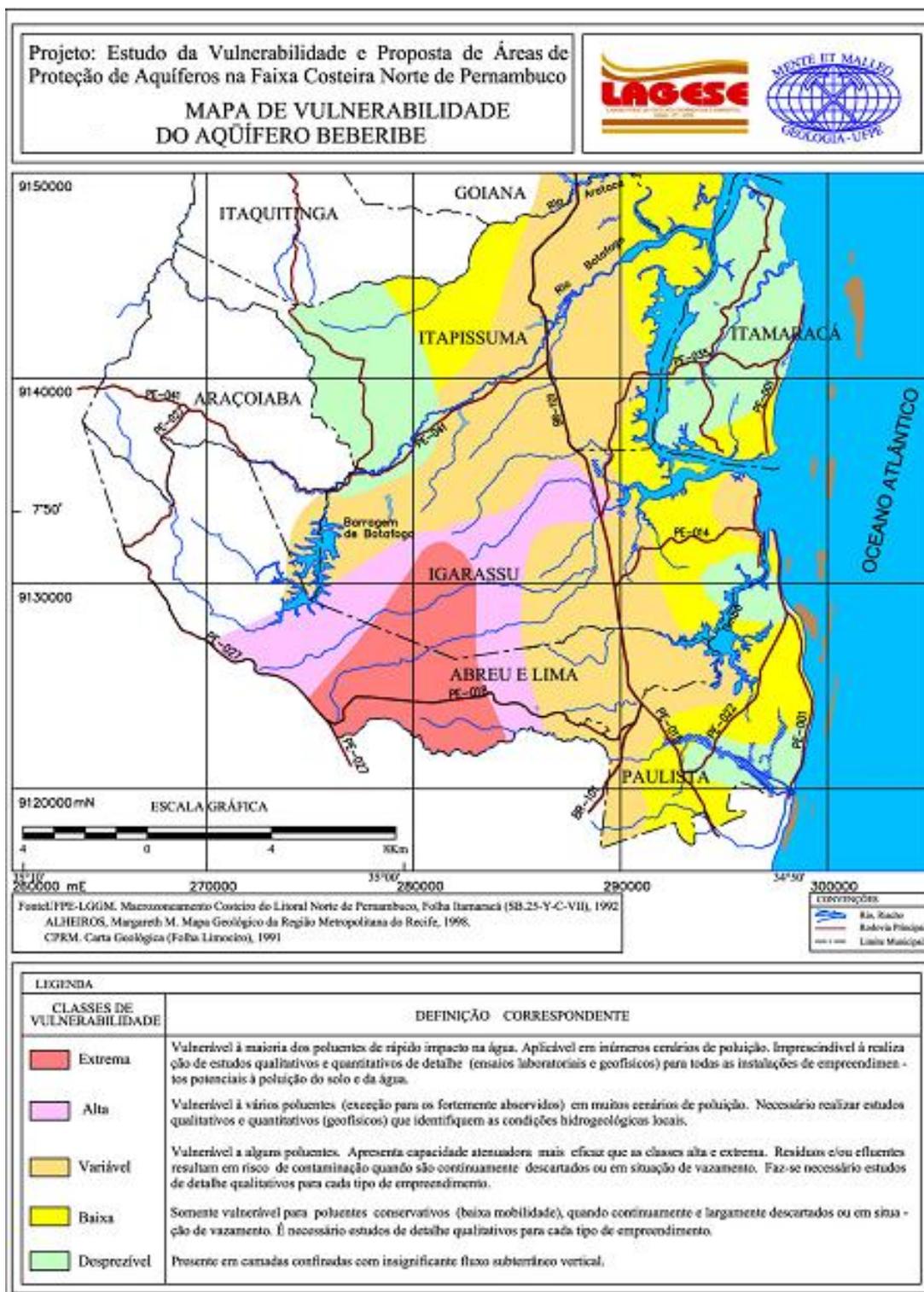


Figura 10.3 – Mapa de Vulnerabilidade do Aquífero Beberibe na porção norte da RMR ( Fonte: CPRM, 2005)

### 10.3 - VULNERABILIDADE NATURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO SUL DA RMR

A CPRM no ano de 1994 publicou uma versão condensada do relatório elaborado sobre a vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas da parte sul da Região Metropolitana do Recife, chegando as seguintes conclusões.

#### 10.3.1 - Vulnerabilidade Alta

Ocorre nas áreas onde existe água subterrânea explotável em aquífero livre, a profundidade inferior a 10 metros, subjacente a material com porosidade elevada, sem nenhum atenuante de conteúdo argiloso que possa retardar ou impedir a infiltração de elementos poluentes dispostos na superfície ou subsuperfície do terreno.

São as áreas de aforamento dos aquíferos Beberibe e Cabo, assim como aquelas áreas ocupadas por depósitos aluviais, de dunas, terraços marinhos, onde as águas subterrâneas estão sendo explotadas através de poços rasos.

#### 10.3.2 - Vulnerabilidade Variável

Ocorre nas áreas onde existe água subterrânea explotável a profundidade de 2 a 10m, subjacente a um material pouco permeável, ou onde ocorre material de alta permeabilidade em superfície, contudo, com água subterrânea explotável a 30 m de profundidade.

São as áreas dos taboleiros arenosos, nas zonas de recarga do aquífero Beberibe, neste caso, as águas subterrâneas estão vulneráveis a contaminação por infiltração de poluentes dispostos em superfície ou subsolo. Portanto, para se evitar essa contaminação deve-se eliminar a causa, ou seja, não implantar qualquer atividade geradora de resíduos poluentes em quantidade apreciável e de maneira contínua.

#### 10.3.3 - Vulnerabilidade Baixa

Está ligada àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável a mais de 40 m de profundidade, em aquífero confinado por material pouco permeável, sendo próximo à superfície ou em profundidade, onde são passíveis de contaminação através de poços mal construídos ou danificados. Correspondem às áreas onde os aquíferos

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

#### 10.3.4 - Vulnerabilidade Desprezível

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

De acordo com a classificação acima exposta, a CPRM elaborou um mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas para a porção sul da região metropolitana do Recife (fig 10.4).



## 10.4 - CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO BOA VIAGEM PELO MÉTODO GOD.

Correia (2006), através do cruzamento dos parâmetros utilizados para o Método GOD, conseguiu definir o índice de vulnerabilidade do aquífero Boa Viagem, propriedade intrínseca, consistindo no grau de resistência natural do mesmo à penetração da carga contaminante (figura10.5).

### 10.4.1 - Vulnerabilidade Baixa

São áreas constituídas por argilas orgânicas e sedimentos silticos-argilosos pertencentes à região de baixio de maré, correspondem a aproximadamente 5% de área ocupada, sendo desfavoráveis à captação de água subterrânea.

### 10.4.2 - Vulnerabilidade Moderada

São áreas subjacentes o material fluvial recente composto no terraço indiferenciado e flúvio lagunar da Planície Costeira. Nelas se encontra água subterrânea a uma profundidade entre 5 a 20 metros, correspondem à aproximadamente 45% de toda a área no aquífero Boa Viagem dispostos na subsuperfície ou superfície do terreno.

### 10.4.3 - Vulnerabilidade Elevada

São áreas constituídas por sedimentos arenosos e siltosos, com nível estático próximo a superfície. Não possuem a capacidade de reter ou evitar a infiltração de elementos poluentes. A água subterrânea se encontra a uma profundidade inferior a 5 metros, subjacente a qualquer material da Planície Aluvial ou Costeira com exceção ao Baixio de Maré, correspondem à aproximadamente 45% no aquífero Boa Viagem.

### 10.4.4 - Vulnerabilidade Extrema

São áreas subjacentes a material de depósito fluvial com alta permeabilidade, sem nenhuma proteção a infiltração de elementos poluentes dispostos em subsuperfície ou superfície, em que a água subterrânea explotável se encontra a uma profundidade inferior a 5 metros. Situa-se na região sudoeste e noroeste do aquífero Boa Viagem englobando aproximadamente 5% da área total.

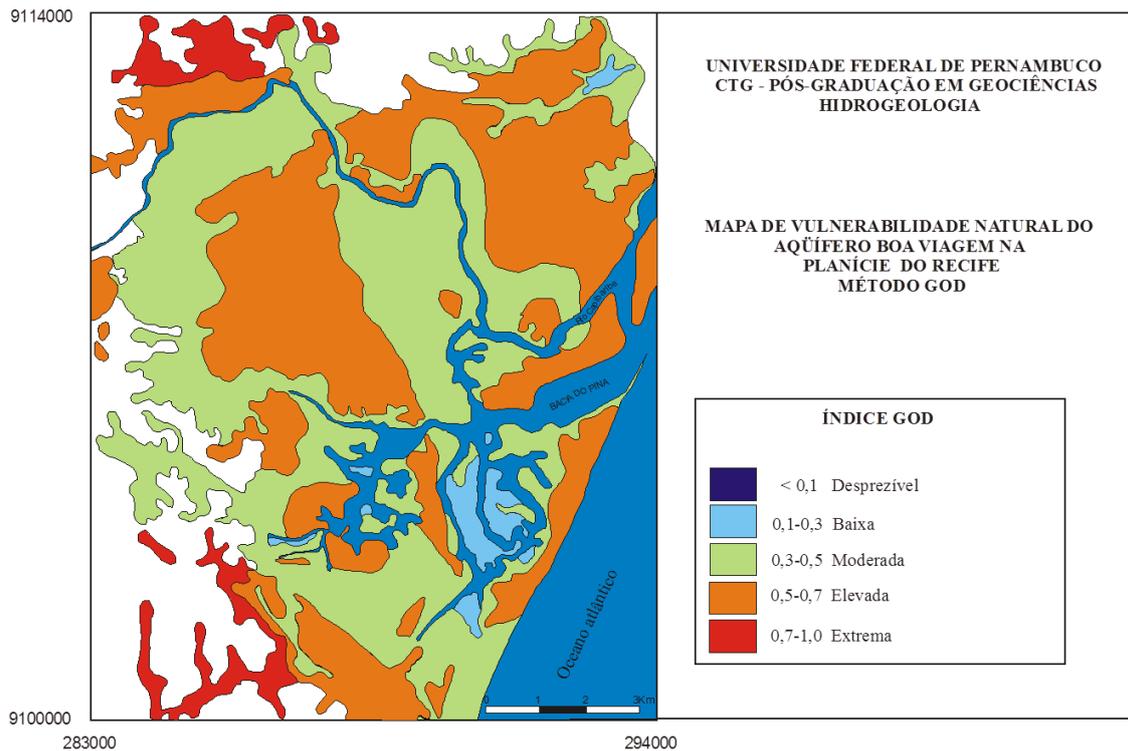


Figura 10.5 - Mapa de vulnerabilidade natural do aquífero Boa Viagem. Fonte : Correia (2006).

A cidade do Recife está dividida em seis Regiões Político Administrativas (RPAs). Correia (2006), idealizou um mapa, onde superpôs as RPAs com o mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas do aquífero Boa Viagem (figura 10.6). A tabela.11.12 mostra as classes de vulnerabilidade (método GOD) do aquífero Boa Viagem para cada bairro do município do Recife subdivididos em suas RPAs. Nas RPAs 3 e 6, respectivamente noroeste e sul, têm-se a classe de vulnerabilidade extrema, onde as águas subterrâneas são susceptíveis a diversos tipos de contaminantes, tais como combustíveis, bactérias e vírus. Isto ocorre devido ao fato do aquífero se apresentar livre, corroborado com a baixa profundidade dos níveis

estáticos, e a alta permeabilidade da zona não saturada, que é constituída por litologias que vão desde o silte arenoso, passando por areia grossa e cascalho.

Tabela 10.1 – Classes de vulnerabilidade do aquífero Boa Viagem para cada bairro do município do Recife

RPA	BAIRRO	VULNERABILIDADE	RPA	BAIRRO	VULNERABILIDADE
<b>1 Centro</b>	Boa Vista	Elevada	<b>4 Oeste</b>	Caxangá	Elevada
	Cabanga	Elevada		Cidade Universitária	Moderada
	Coelhos	Elevada		Cordeiro	Elevada
	Ilha do Leite	Moderada		Engenho do Meio	Elevada
	Joana Bezerra	Moderada		Ilha do Retiro	Elevada
	Paissandu	Moderada		Iputinga	Elevada
	Recife	Elevada		Madalena	Moderada
	Santo Amaro	Elevada		Prado	Moderada
	Santo Antônio	Elevada		Torre	Moderada
	São José	Elevada		Torrões	Elevada
	Soledade	Elevada		Várzea	Elevada
<b>2 Norte</b>	Água Fria	Elevada	Zumbi	Moderada	
	Alto Sta. Terezinha	Moderada	<b>5 Sudoeste</b>	Afogados	Moderada
	Arruda	Moderada		Areias	Elevada
	Bomba do Hemetério	Moderada		Barro	Moderada
	Cajueiro	Moderada		Bongi	Moderada
	Campina do Barreto	Moderada		Caçote	Elevada
	Campo Grande	Moderada		Curado	Moderada
	Encruzilhada	Elevada		Estância	Elevada
	Fundão	Moderada		Jardim São Paulo	Elevada
	Hipódromo	Elevada		Jiquiá	Moderada
	Peixinhos	Moderada		Mangueira	Moderada
	Ponto de Parada	Elevada		Mustardinha	Moderada
	Rosarinho	Elevada		San Martin	Elevada
	Torreão	Moderada		Tejipió	Moderada
<b>3 Noroeste</b>	Aflitos	Elevada		<b>6 Sul</b>	Boa Viagem
	Alto José do Pinho	Elevada	Brasília Teimosa		Elevada
	Apipucos	Extrema	Cohab		Extrema
	Casa Amarela	Elevada	Ibura		Elevada
	Casa Forte	Elevada	Imbiribeira		Elevada
	Derby	Moderada	Ipsep		Moderada
	Dois Irmãos	Extrema	Jordão		Extrema
	Graças	Moderada	Pina		Baixa
	Jaqueira	Moderada			
	Macaxeira	Extrema			
	Mangabeira	Elevada			
	Monteiro	Moderada			
	Parnamirim	Elevada			
	Poço	Elevada			
	Santana	Elevada			
	Sítio dos Pintos	Extrema			
	Tamarineira	Elevada			

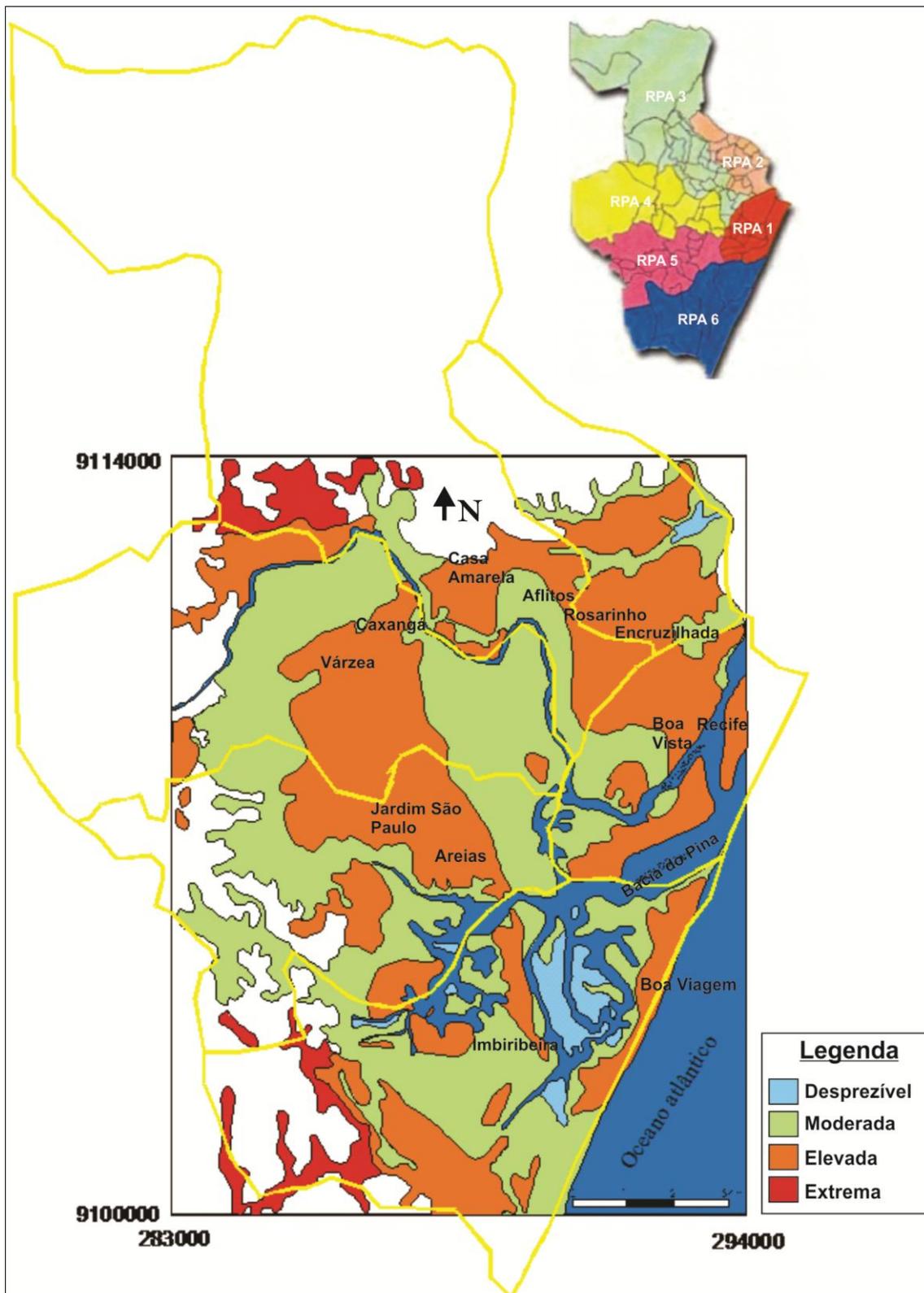


Figura 10.6 - Superposição das RPAs com o mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas do Aquífero Boa Viagem. Fonte: Correia (2006).

## 10.5 - VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO NA RMR.

Foi confeccionado mapa de vulnerabilidade para os aquíferos Cabo e Beberibe (Anexo IV), considerando-se o posicionamento dos mesmos em relação às litologias que lhe são sobrepostas, bem como na análise de poços perfurados na região.

Realizou-se visitas a campo no intuito de se checar as diversas unidades litológicas existentes na área, como também seus contatos, e a ocorrência de afloramentos das Formações Beberibe e Cabo. Para a caracterização da vulnerabilidade natural dos aquíferos pesquisados utilizou-se O Método GOD, já descrito anteriormente.

### 10.5.1 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Aquífero Beberibe.

#### 10.5.1.1 - Vulnerabilidade Extrema

Caracterizada nas áreas de afloramentos da Formação Beberibe, neste caso, comporta-se como um aquífero livre, e o nível freático encontra-se à aproximadamente 25 metros, e em alguns casos, sub-aflorante, com solo muito permeável, sendo consideradas áreas de recarga de aquífero(CPRH, 2005).

Quando o aquífero Beberibe se apresenta encoberto por areias e cascalhos aluviais e coluviais, bem como por outros sedimentos não consolidados, pode comportar-se tanto como um aquífero livre ou como um sistema confinado drenante.

Caso exista carga contaminante de potencial moderado a elevado, as águas subterrâneas explotáveis estão a risco máximo de serem contaminadas, devido à elevada vulnerabilidade natural do aquífero, só sendo possível evitar esta contaminação eliminando ou controlando a carga contaminante.

Mesmo em áreas onde o aquífero se apresenta em profundidade, necessário se faz medidas de proteção em torno dos poços de captação, a fim de se evitar possíveis contaminações direta do aquífero, como também em torno dos reservatórios de águas superficiais para abastecimento urbano. Engloba aproximadamente 5% da área norte da RMR.

#### 10.5.1.2 - Vulnerabilidade Alta

A vulnerabilidade alta, é caracterizada quando da ocorrência das aluviões que recobrem a Formação Beberibe, mais precisamente em partes da aluvião do rio Paratibe, engloba 5% da área norte da RMR.

#### 10.5.1.3 - Vulnerabilidade Moderada

Ocorre em parte da aluvião que corta a Planície do Recife, englobando cerca de 5% da área norte da RMR.

#### 10.5.1.4 - Vulnerabilidade Baixa

A vulnerabilidade baixa, é caracterizada pela ocorrência da Formação Itamaracá sobreposta à Formação Beberibe, neste caso o Aquífero Beberibe comporta-se como um aquífero confinado drenante a confinado não drenante. Ocorre também nas aluviões dos rios Beberibe, Botafogo, Utinga e Morno, bem como em parte da aluvião do rio Barro Branco. Engloba aproximadamente 25% da área norte da RMR.

#### 10.5.1.5 - Vulnerabilidade Desprezível

A vulnerabilidade desprezível, engloba grande parte da área norte da RMR, perfazendo cerca de 60% da mesma. Caracteriza-se pela ausência da Formação Beberibe, ou quando esta se encontra subjacente às Formações Barreiras, Gramame e Maria Farinha, bem como quando da ocorrência do Embasamento Cristalino, ou os sedimentos arenosos e areno-argilosos de elevada permeabilidade que estão sobre o mesmo. Também se faz presente quando da ocorrência do Terraço marinho pleistocênico, Sedimentos de mangue, Sedimentos fluvio-lagunares e parte da aluvião do rio Tejió quando esses cortam a Planície do Recife.

A sobreposição do mapa de vulnerabilidade natural do Aquífero Beberibe e das cargas contaminantes (Anexo IV), nos fornece dados para montarmos uma tabela de correlação entre as mesmas, de forma que se possa indicar o estágio atual da área em relação aos riscos à contaminação (tabela 10.2).

Vulnerabilidade do Aquífero	Carga Contaminante			
	Ausente ou Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta
Extrema	Mínimo	Moderado	Alto	Máximo
Alta	Mínimo	Moderado	Alto	Máximo
Moderada	Mínimo	Baixo	Moderado	Alto
Baixa	Mínimo	Baixo	Baixo	Moderado
Desprezível	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo

Tabela 10.2 - Matriz de Correlação entre a Vulnerabilidade Natural do Aquífero Beberibe e a Carga Contaminante para a Definição do Risco à Contaminação. ( Fonte: CPRM 1994 – modificada).

## 10.5. 2 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Aquífero Cabo

### 10.5.2.1 - Vulnerabilidade Extrema

Caracterizada nas áreas de afloramento do aquífero Cabo, neste caso, comporta-se como um aquífero livre, engloba aproximadamente 10% da área sul da RMR

Caso exista carga contaminante de potencial moderado a elevado, as águas subterrâneas explotáveis estão a risco máximo de ser contaminadas, devido à elevada vulnerabilidade natural dos aquíferos, só sendo possível evitar esta contaminação eliminando ou controlando a carga contaminante.

Mesmo em áreas onde o aquífero se apresenta em profundidade, necessário se faz medidas de proteção em torno dos poços de captação, a fim de se evitar possíveis contaminações direta do aquífero, como também em torno dos reservatórios de águas superficiais para abastecimento urbano.

### 10.5.2.2 - Vulnerabilidade Alta

A vulnerabilidade alta, é caracterizada nas áreas onde ocorrem as aluviões dos rios Pirapama e Gurjaú recobrando a Formação Cabo, perfazendo um total de aproximadamente 10% da área sul da RMR.

### 10.5.2.3 - Vulnerabilidade Moderada

A vulnerabilidade moderada, é caracterizada pela ocorrência das aluviões do rio Tejipio quando cortam a planície do Recife, e aluviões do rio Jaboatão, englobando cerca de 15% da área sul da RMR.

#### 10.5.2.4 - Vulnerabilidade Baixa

A vulnerabilidade baixa, é caracterizada nas áreas de ocorrência da Formação Algodais e Barreiras recobrimdo a Formação Cabo, bem como nas áreas de ocorrência do Terraço marinho pleistocênico, Sedimentos de mangue e Sedimentos fluvio-lagunares, perfazendo um total de 20% da área sul da RMR.

#### 10.5.2.5 - Vulnerabilidade Desprezível

A vulnerabilidade desprezível, é caracterizada pela não ocorrência da Formação Cabo, bem como nas áreas de ocorrência da Suíte Vulcânica de Ipojuca e do Embasamento Cristalino, no Terraços marinho holocênicos e pleistocênicos e Sedimentos de mangue, neste caso mais precisamente na parte centro sul da RMR, perfazendo um total de 45% da área sul da RMR.

A sobreposição do mapa de vulnerabilidade natural do aquífero Beberibe, e das cargas contaminantes ( Anexo IV), nos fornece dados para montarmos uma tabela de correlação entre as mesmas, de forma que se possa indicar o estágio atual da área em relação aos riscos à contaminação ( tabela 10.3).

Vulnerabilidade do Aquífero	Carga Contaminante			
	Ausente ou Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta
Extrema	Mínimo	Moderado	Alto	Máximo
Alta	Mínimo	Moderado	Alto	Máximo
Moderada	Mínimo	Baixo	Moderado	Alto
Baixa	Mínimo	Baixo	Baixo	Moderado
Desprezível	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo

Tabela 10.3 - Matriz de Correlação entre a Vulnerabilidade Natural do aquífero Cabo e a Carga Contaminante para a Definição do Risco à Contaminação. ( Fonte: CPRM 1994 – modificada).

## 11 - O DIREITO DAS ÁGUAS NO BRASIL

Para se falar em águas doces no Direito Brasileiro, convém, preliminarmente, definir o que seja Direito das águas e Direito Ambiental. O primeiro que inicialmente denominava-se Direito Hidráulico conceitua-se “como o conjunto de princípios e normas jurídicas que disciplinam o domínio, uso, aproveitamento e a preservação das águas, assim como a defesa contra sua danosa consequência” (Pompeu, 1977).

O segundo como já estudado no capítulo 6, é o conjunto de regras e instrumentos jurídicos, sistematizados e informados por princípios apropriados que tenham por fim a disciplina do comportamento relacionado ao meio ambiente. O Direito Ambiental estabelece normas de conduta que impõe ao homem o dever jurídico de preservar ou restabelecer o equilíbrio entre os seres vivos e o meio ambiente. É o sistema integrado por normas, princípios, valores, poderes institucionais, circunstâncias fáticas e práticas procedimentais e operativas que se vinculam às condições de exigência humana em sociedade, em suas relações com o meio ambiente.

Não obstante a evolução da matéria ambiental, o direito ambiental ainda consiste em matéria dependente de distintos ramos do direito, uma vez serem sistêmicos. Entretanto, faz mister saber reconhecê-lo como fonte norteadora e de necessária aplicabilidade ao se deparar com o cenário físico em que a natureza se encontra podendo influir de forma decisiva, como instrumento de futuras gerações. (Freitas, 2000).

A estreita vinculação das normas jurídicas relativas às águas com o ciclo hidrológico, que praticamente desconhece limite no seu percurso, faz com que o Direito das Águas contenha tanto normas tradicionalmente colocadas no campo do direito privado, como no direito público. Suas fontes são as legislações, as doutrinas, as jurisprudências e os costumes.

No Brasil o progresso desse ramo do Direito tem sido lento esse ramo do direito, em especial porque os livros I e II, do Código de águas de 1934 referentes ao domínio hídrico, deixaram de receber necessária regulamentação. O mesmo não aconteceu com a parte relativa às forças hidráulicas e indústrias hidrelétricas, objeto do livro III. Em virtude dessa carência legislativa nacional, em termo d'água, houve pouco desenvolvimento doutrinário. Em despeito dessa lacuna, a jurisprudência brasileira tem oferecido valiosa contribuição no campo do Direito das Águas. Nessa tarefa o Ministério Público, Federal e Estadual, participou ativamente.

As Constituições da maioria dos estados brasileiros e a lei orgânica do Distrito Federal, traçam hoje normas básicas para a gestão dos recursos hídricos do seu

domínio, complementada por legislação especial sobre respectivas organizações administrativas e gerenciamento das águas estaduais.

Em 1977, a lei federal 9433 como já citado no capítulo 6, passou a regulamentar o gerenciamento dos recursos hídricos, e a Agência Nacional de águas é criada a seguir, para programar a Política Nacional de Recursos Hídricos. Em seguida o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, aprovou o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), com vistas a planejar a gestão das águas no país nos próximos vinte anos. Ao projetar disponibilidade e demanda hídrica, o PNRH destaca as disputas pela água a depender da trajetória do país até 2010.

O Brasil cumpre nesse momento, uma das metas definidas pela ONU, que determinou a seus países membros a realização dos planos de Recursos Hídricos.

Vale ressaltar que existe uma diferença da expressão recurso hídrico e água, pois é comum encontrarmos em leis e manifestações doutrinárias e técnicas, a utilização de ambos como sinônimos, o que não é verdade. Água é o elemento natural, descomprometido com qualquer uso ou utilização, é o gênero. Recurso hídrico é a água como bem econômico passível de utilização com tal fim. Por essa razão temos o Código de Águas e não um código de Recursos Hídricos.

Filiado ao sistema de direito romano-germânico, o Brasil adotou graças à generosidade do regime hidrológico existente em quase todo o território como regra, o direito próprio das regiões úmidas. Inobstante o Código de Águas previu em seu artigo 5º, a edição de lei especial para as regiões periodicamente assoladas pelas secas, o que não ocorreu.

### 11.1 - A REGULAMENTAÇÃO JURÍDICA DOS RECURSOS HÍDRICOS

A importância da preservação das águas passa por uma legislação eficiente, para combater a crise mundial da água, e suas consequências como escassez, poluição e desperdício da água.

A maior falha do Poder Judiciário é a morosidade nos trâmites processuais, fazendo com que se tenha aplicação tardia da justiça. Não se trata em regra da existência de jogo político no Judiciário, que faça com que as águas deixem de ser protegidas juridicamente, mas na lentidão dos processos e da inadequação do aparelho jurisdicional. Teremos, a completar o quadro angustiante de uma Justiça lenta, cara, complicada e desburocratizada e inacessível para os conflitos tradicionais, a pincelada dramática da falta de resposta processual para os conflitos, próprios de uma sociedade de massa.

Apesar desta morosidade, O poder Judiciário participa da defesa dos recursos hídricos desde a fase dependente de iniciativa privada, até a atuação da Administração pública e da hoje existente participação da sociedade, por meio de entidades dedicadas à defesa do meio ambiente e dos recursos naturais, e da marcante presença do Ministério Público (Pompeo, 1994).

As mais eficientes ações do sentido de defender o meio ambiente, e, em especial, às águas, devem ser creditadas ao Ministério Público, quer em se tratando de poluição causada por particulares, quer por entidades da Administração Pública, A atuação na defesa dos recursos hídricos tem sido relevante, não só pelos inquéritos civis e pelas ações propostas, como pelos acordos efetivados, visando o cumprimento da legislação, inibindo assim muitas atividades poluidoras.

A gestão dos recursos hídricos deve processar-se no quadro do ordenamento do território, visando à compatibilização, no âmbito regional, nacional e internacional, do desenvolvimento social com os valores do ambiente (Tucci,1993).

No Brasil a contraprestação pela utilização das águas públicas não configura imposto, pois, por este a vantagem do particular é puramente acidental devido à consideração exclusiva do interesse público. Destina-se a cobrir despesas feitas no interesse comum, sem ter em conta as vantagens particulares obtidas pelos contribuintes; não é taxa, pois, não se está diante de exercício do poder de polícia, ou da efetiva ou potencial utilização do serviço público; não é contribuição de melhoria, por inexistir obra pública cujo custo, deva ser atribuído à valorização de imóveis beneficiados.

Portanto, por exclusão, está-se diante de preço, denominando-se então preço público, sendo parte das Receitas Originárias, assim denominada porque a sua fonte é a exploração do patrimônio público ou a prestação do serviço público. São também chamadas Receitas Industriais ou Patrimoniais, porque proveniente de exploração de serviços, bens, empresas ou indústrias do próprio estado.

No âmbito internacional, a grande preocupação refere-se à forma de utilização dos cursos de águas pelos estados soberanos que têm acesso aos mesmos, em função dos riscos de poluição por fontes potenciais de contaminação urbana, industrial e agrícola, gerando impacto na flora, fauna e no meio social.

## 11.2 - A POLÍTICA NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS.

A Legislação infraconstitucional acerca dos recursos hídricos é vasta e dispõe sobre o tema sob diferentes aspectos: o Código de Águas (Decreto. 24643/34), A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/97), o Código Penal (art. 270º e art.

271º), o Código Nacional de Saúde (Decreto 49.974-A/61), o Código Florestal (art. 2º), a Lei de criação da Agência Nacional de Águas (Lei 9984/2000) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/97). Esta última com os seguintes objetivos principais:

- a) assegurar à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- b) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- c) A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

#### 11.2.1 - Os fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos

No seu art. 1º. Inciso (Lei 9433/97), tem-se que a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

A lei chama a atenção para o fato de que a água é um recurso limitado, e sendo assim, de valor econômico. A valorização econômica da água deve levar em consideração o preço da recuperação e conservação e a melhor distribuição deste bem. Com base neste fundamento a lei estabelece o regime de outorga do direito e uso e cobrança dos recursos hídricos, assegurando assim o controle quantitativo e qualitativo dos mesmos, e o efetivo exercício do direito de acesso à água, incentivar a racionalização do uso da água, e obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos dos recursos hídricos.

As situações que estão sujeitas à outorga do Poder Público são as seguintes (art. 21º. da Lei 9433/97):

- derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processos produtivo;
- extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- lançamento em um corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte e disposição final;
- aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- outros usos que alterem o regime, a quantidade da água existente em corpos de água.

A lei prevê algumas situações em que não será necessária a outorga pelo Poder Público (art. 12º. § 1º):

- O uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

- as derivações, captações consideradas insignificantes;
- as acumulações de volume de água consideradas insignificantes.

Inciso II - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, mas em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação dos animais. A multiplicidade de uso é extensa como para o consumo do ser humano, dessedentação dos animais, abastecimento público, lançamento de esgotos e demais resíduos líquidos e gasosos, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final, aproveitamento de potenciais hidrelétricos, transporte aquaviário, etc. A gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma a atender todas estas necessidades.

Inciso III – a Bacia Hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os órgãos dos poderes públicos federais, estaduais e municipais e do Distrito Federal, cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos

Inciso IV - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder público, dos usuários e das comunidades.

A lei consagra a participação popular na gestão dos recursos hídricos. Os comitês das Bacias Hidrográficas são compostos por representantes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, cujos territórios se situam; dos usuários das águas de sua área de atuação e das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia

Do ponto de vista das águas subterrâneas, Estados como São Paulo e Pernambuco contam com lei específica. Outro estado tem procurado integrar as águas subterrâneas à Política Estadual de Recursos Hídricos, com destaque os estados do Paraná e do Piauí. Apesar de positivos, esses esforços ainda não promovem a gestão integrada das águas.

- Sergipe com a Lei 3870/97 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos;
- Santa Catarina com as Leis 9022/93 que dispõe sobre a instituição, estruturação e organização do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e 9748/99 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos;
- Rio Grande do Norte com a Lei 6908/96...
- Bahia com a Lei 6855/95 que dispõe sobre o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos;

- Minas Gerais com a Lei 11504/99 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos;
- Rio de Janeiro com a Lei 3239/99 que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos;
- Rio Grande do Sul com a Lei 1035/94 que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e os Comitês de Bacias;
- Amazonas com a Lei 2712/01 que disciplina a Política Estadual de Recursos Hídricos e estabelece o Sistema Estadual Recursos Hídricos;
- Roraima com a Lei Complementar 255/02 que institui a Política e cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos;
- Acre com a Lei 1500/03 que cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Espírito Santo com a Lei 5818/98 que estabelece normas gerais sobre a Política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;

Do ponto de vista dos aquíferos, se o tratamento dessas águas e do meio ambiente não for articulado, não haverá integração da gestão. É necessária a promoção de ajustes em todas as legislações de forma a orientar a gestão integrada.

O primeiro marco para a integração das águas subterrâneas e águas superficiais, no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos, foi a elaboração, pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas - CTAS e aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, da Resolução n.º 15, publicada em 12 de janeiro de 2001, que estabelece diretrizes para gestão integrada das águas.

A Resolução nº 92 que estabelece critérios e procedimentos gerais para a proteção e conservação das águas subterrâneas no Território Brasileiro.

### 11.3 - A AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA

A Lei 9984/2000 criou a Agência Nacional de Águas – ANA, uma autarquia, sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio ambiente, com a finalidade de programar a Política Nacional de Recursos Hídricos

A ANA tem suas atribuições previstas no art. 4º. da lei:

- Inciso I – supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;
- Inciso II – disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Inciso III – outorgar, por intermédio de autorização, o direito e uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União;

Inciso IV – fiscalizar os usos dos recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;

Inciso V – elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

Inciso VI – estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica;

Inciso VII – programar, em articulação com os Comitês de Bacias Hidrográficas, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

Inciso VIII – arrecadar, distribuir e aplicar as receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, na forma do disposto no art.22 da Lei nº 9433/77;

Inciso IX – planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;

Inciso X – promover estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água, de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica, em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos;

Inciso XI – definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

Inciso XII – promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias;

Inciso XIII – organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de informações sobre Recursos Hídricos;

Inciso XIV – estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos;

Inciso XV – prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos;

Inciso XVI – propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos o estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos.

Podemos citar ainda como importantes instrumentos para a proteção dos recursos hídricos as seguintes Resoluções do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos:

## 11.4 - COMPETÊNCIAS CONSTITUCIONAIS EM MATÉRIA AMBIENTAL

### 11.4.1 - Competência Exclusiva da União

O art. 21º da Constituição Federal confere à União competência exclusiva, ou seja, àquelas que não são passíveis de delegação para outros entes da Federação. No seu inciso XIX encontra-se a competência para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídrico e critérios de outorga do direito de uso. A União através da lei 9433 de 8 de janeiro de 1997, estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o a Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes órgãos federais:

- a) o Conselho Nacional de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- b) os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- c) a Agência Nacional de Águas.

O art. 21º, inciso XII, alínea “b” da Constituição Federal, institui a competência para explorar diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento dos recursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos.

O art. 21º inciso XX da Constituição Federal dita à competência para instituir diretrizes básicas o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transporte urbano.

### 11.4.2 - Competência Privativa da União

Apesar da Constituição Federal em seu art. 22º. conferir à União competência privativa sobre determinados assuntos, o seu parágrafo único confere aos Estados a possibilidade de legislarem através de lei complementar sobre questões específicas relacionadas com o dispositivo constitucional.

O art. 22º. inciso IV estabelece competência da União para legislar sobre águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão. A competência privativa para legislar sobre água é passível de delegação.

O art. 22º. inciso XII estabelece competência da União para legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia.

O art. 22º. inciso XXVI estabelece a competência da União para legislar sobre atividades nucleares de qualquer natureza.

#### 11.4.3 - Competência dos Estados - Competência Residual

A Constituição Federal através do art. 25º. § 1º. reserva aos Estados as competências que não lhes sejam vedadas pela Constituição. Portanto, os Estados são competentes tanto para legislar como para executar as matérias que não tenham sido atribuídas aos demais entes da federação.

#### 11.4.4 - Competência Exclusiva dos Municípios

A Constituição Federal em seu art. 30º inciso V atribui aos Municípios competência exclusiva para organizar ou prestar diretamente ou sob-regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluindo o de transporte coletivo, que tem caráter essencial. No que tange a expressão interesse local que é utilizada tanto no inciso I quanto no inciso V do referido artigo, ensina Celso Ribeiro Bastos "... é evidente que não se trata de um interesse exclusivo, visto que qualquer matéria que afete uma comunidade local findará de qualquer maneira, mais ou menos direta, por repercutir direta ou indiretamente nos interesse da comunidade nacional. Interesse exclusivamente municipal é inconcebível, inclusive por razões de ordem lógica: sendo o Município parte de uma coletividade maior, o benefício trazido a uma parte do todo acresce a esse próprio todo. Os interesses locais dos Municípios são os que entendem diretamente com as suas necessidades imediatas, e, indiretamente, em maior ou menor repercussão, com as necessidades gerais. Caso o critério adotado fosse o de interesse exclusivo, não seria possível atribuir nenhuma competência aos municípios, posto que os interesses municipais reflitam, de forma secundária nos Estados e na União, na medida em que fazem parte dos mesmos". Apesar das discussões, o entendimento da doutrina continua sendo a adoção do critério da predominância do interesse.

#### 11.4.5 - Competências Concorrentes

A repartição concorrente das competências para legislar entre a União, os Estado, o Distrito Federal e os Municípios, estabelece que a regulamentação geral acerca da matéria seja de competência da União, cabendo aos Estados instituírem a legislação específica, e regularem, segundo a Constituição Federal, a matéria integralmente diante da inércia da União. Diante da competência suplementar conferida no art. 30º. inciso II aos Municípios, estes também são competentes para desdobrar a legislação estadual, de acordo com os assuntos de interesse local, bem como na falta da

legislação federal e estadual, legislar integralmente, visando atender os assuntos de interesse exclusivamente local

O art. 24º da Constituição Federal no inciso VII destaca a competência concorrente para legislar sobre florestas, caça, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos minerais, proteção ao meio ambiente e controle da poluição.

Destaca-se que a União já fixou as normas gerais sobre algumas matérias relacionadas no art. 24º inciso III. A Lei nº 5197/67, Código de Caça; Lei nº 4771/65, Código Florestal; Decreto nº221/67, Lei nº 6938/81, Política Nacional de Meio Ambiente; Lei de Gestão de Florestas Públicas, Código de Pesca e demais leis específicas acerca do tema.

O art. 24º. inciso VIII indica a competência concorrente sobre responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

#### 11.4.6 - Competência Comum

O art. 23º. Parágrafo Único da Constituição Federal estabelece que Lei complementar deva fixar normas para a cooperação entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, visando o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional. Isto na prática se torna de difícil implementação, uma vez que requer um elevado índice de organização administrativa e legislativa.

O inciso 23 estabelece a Competência comum para proteção do meio ambiente e do combate à poluição em todas as suas formas.

- o inciso 23 estabelece a Competência comum para preservar as florestas, a fauna e a flora.

- o inciso IX estabelece a Competência comum para promover programas de construção de moradias melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico.

- o inciso XI estabelece a competência comum para registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direito de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios.

Ressalta-se que apesar da União possuir a competência exclusiva para instituir o Plano Nacional de Recursos Hídricos e legislar sobre águas, todos os membros da Federação possuem competência para proteção do meio ambiente, promoção de programas de melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico, acompanhamento, registro e fiscalização das concessões de pesquisa e exploração de recursos hídricos e de minerais.

A competência para legislar sobre águas é privativa da União (art. 22º. inciso IV da Constituição Federal). É bom ressaltar que a competência para legislar sobre proteção ambiental, recursos naturais e responsabilidade por dano ambiental é concorrente, na qual a União define as normas gerais e os Estados às normas específicas (art. 24º da Constituição Federal). Portanto, devemos interpretar os dispositivos constitucionais considerando a predominância da matéria que se pretende regular. Os recursos hídricos, enquanto parte integrante do meio ambiente poderão ser protegidos na forma da legislação concorrente, porém deve atender a legislação específica sobre águas formulada pela União na formada legislação privativa.

Desta forma, ficou restringida a atuação dos Estados, uma vez que não possuem a competência para legislar especificamente sobre as águas atribuídas à sua dominialidade. Apenas podem regular a matéria inserida na proteção ambiental, exercendo a competência concorrente, atribuída no art. 24º da Constituição Federal.

#### 11.5 - DOMINIALIDADE

Acerca dos recursos hídricos como elemento do meio ambiente natural, a Constituição Federal tratou de forma diferenciada, principalmente no que se refere à repartição de competência e estipulação de dominialidade.

O art. 26º. Determina como bens de domínio do Estado as águas superficiais ou subterrânea, fluentes, emergentes e em depósitos, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

Observe que a dominialidade pública da água não transforma o poder público em proprietário da água, mas sim em gestor dela. Hoje as águas são bens de uso comum do povo e não fazem parte dos bens dominicais de poder público. (art.225º. e art.1º. inciso II. ambos da Constituição Federal de 1988, e art.18º. da Lei 9433/97). Não é possível ao poder público, titular do domínio, alienar a água, por exemplo. O que pode acontecer é a outorga do uso da água. Sendo assim está revogado o art. 1º. do Código de Águas. (Decreto 24.643/34).

Antes da Constituição Federal de 1988 o Código de Águas (Decreto 24.643), já regulava a matéria, e em seu art.8º. que determinava que fosse particular as nascentes e todas as águas situadas em terrenos que também o sejam, quando não estiverem classificadas entre as águas comuns de todos, as águas públicas ou às águas comuns. Não é mais possível apropriar-se das águas subterrâneas. A Lei 9433/97 só disciplina a possibilidade de outorga de uso dos recursos hídricos.

A Constituição Federal de 1988 só previu a dominialidade dos Estados e da União, excluindo da dominialidade dos Municípios e não disciplinou a possibilidade de

indenização do proprietário das águas particulares já existentes anteriormente à Constituição de 1988.

Não se pode simplesmente introduzir no regime jurídico das nascentes privadas o sistema de outorga e da cobrança do uso desse recurso específico pelo viés da função social da propriedade (art. 5º. inciso XXIII da Constituição Federal). Houve um inegável esvaziamento do direito de propriedade (art. 5º inciso XXII da Constituição Federal), que acarreta neste caso a obrigação de indenizar ou de não cobrar a água utilizada.

A Constituição Federal estabelece que sejam bens da União: os lagos, os rios, e quaisquer correntes de águas em terrenos do seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limite com outros países, ou se estendam a territórios estrangeiros ou deles provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais (art. 20º. inciso III); o mar territorial (art. 20º inciso IV); os potenciais de energia hidráulica (art. 20º. inciso VIII).

Observa-se, ainda, o disposto no art. 176º da Carta Magna, que determina que os potenciais de energia hidráulica constituam propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertence à União. Sendo assim, compete a União explorar diretamente ou mediante autorização, permissão ou concessão os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos (art. 26º alínea b, da Constituição Federal). Embora a competência para concessão de exploração dos recursos hídricos seja da União, é competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração dos recursos hídricos e, seus territórios (art. 23º. inciso XIX da Constituição Federal).

Do ponto de vista institucional ocorre uma enorme dispersão no tratamento das águas subterrâneas. As águas subterrâneas, como visto, são de domínio dos estados.

Entretanto, os aquíferos transcendem os limites estaduais e até nacionais, tornando imprescindível a presença da União. Por outro lado, as águas subterrâneas classificadas como minerais ou potáveis de mesa para engarrafamento, venda, balneoterapia e uso geotermal são de responsabilidade da União, sendo outorgadas pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.

## 12 - PROCEDIMENTOS E LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS E DO BRASIL PARA O GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Os casos de contaminação do solo e da água subterrânea foram primeiramente observados nos países desenvolvidos e industrializados da Europa e da América do Norte. A partir da década de 1970, os casos de contaminação tornaram-se relevantes, principalmente relacionados a resíduos perigosos.

Intensificando-se os estudos na década de 1980, detectou-se que relevantes problemas de contaminação estavam ligados a áreas antigas e desativadas, levando estes países à necessidade de adotar e programar políticas específicas para o gerenciamento e o controle das áreas contaminadas.

Os mecanismos utilizados para este gerenciamento passaram pelo estabelecimento de legislações específicas e de inventários de locais contaminados e suspeitos de contaminação, assim como pelo desenvolvimento de tecnologias de remediação e criação de fundos para subsidiar a remediação das áreas consideradas prioritárias (Buccl, 2000).

No Brasil, mais especificamente no Estado de São Paulo, os casos de contaminação começaram a ser detectados na década de 1980, intensificando-se as ocorrências na década de 1990, principalmente com casos ligados à disposição de resíduos e vazamento de combustíveis em postos de serviços. Com isso ocorreu e implantação do Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo. Contudo, ainda existe a necessidade de se aprofundar os conhecimentos e os procedimentos de responsabilização ambiental nos casos de contaminação do solo e da água subterrânea, principalmente os relacionados a casos complexos como áreas abandonadas e/ou desativadas. A seguir será apresentado um rol de legislações vigentes em diversos países pioneiros, como Estados Unidos (EUA), Holanda e Alemanha, que apresentam grande experiência no assunto, assim como as legislações existentes no Brasil, em especial do Estado de São Paulo, com o intuito de avaliar os diferentes instrumentos para a definição da responsabilidade ambiental nos casos de contaminação do solo e água subterrânea

O único Estado no Brasil que estabeleceu um sistema organizado para a execução do gerenciamento de áreas contaminadas foi o Estado de São Paulo. Ao nível municipal, destaca-se o Município de São Paulo, que programou, legislação sobre o assunto.

No restante do Brasil, ainda não existe uma legislação específica para as questões que envolvam áreas contaminadas. No entanto, a legislação ambiental existente oferece certa base referindo-se indiretamente a diferentes aspectos do

problema , como, por exemplo, os itens que abordam a preservação ou a recuperação da qualidade ambiental, os instrumentos legais como as políticas nacional ou estadual de meio ambiente e diretrizes e normas para o controle de poluição. Há também leis específicas que estabelecem instrumentos legais especiais com certa relevância para o problema de áreas contaminadas, como, por exemplo, o parcelamento do solo urbano. De acordo com a estrutura federativa, encontram-se legislações ambientais no âmbito federal, estadual e municipal que podem, tendo em vista a falta de legislação específica, ser utilizadas nas ações dos órgãos ambientais nas questões que envolvem esse tema.

## 12.1 - ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA)

Em função dos avanços das técnicas de análise laboratorial no final da década de 1960 e no início de 1970, baixas concentrações de substâncias perigosas, ao nível de partes por bilhão, puderam ser identificadas no meio ambiente (Lagrega *et al.*, 1994). Em 1976 os Estados Unidos aprovaram a primeira lei, denominada Lei de Conservação e Recuperação dos Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act* - RCRA), facultando autoridade para a Agência Ambiental Americana (USEPA) controlar os resíduos perigosos desde sua geração até sua disposição final (USEPA 2004a). Esta lei visa à proteção da saúde humana e do meio ambiente contra os aspectos nocivos resultantes da disposição de resíduos perigosos, buscando reduzir o volume gerado e desenvolvendo uma gestão dos resíduos perigosos (USEPA 2004a). Além disso, estabelece também programas destinados à remediação de áreas contaminadas, envolvendo ações corretivas para propriedades industriais ativas, incluindo ainda os programas estaduais e federais do Departamento de Defesa e Energia Americano (Case 1997, apud Gloden 1999).

Em 1980, o Congresso Americano aprovou a Lei Ambiental Ampla para Resposta, Compensação e Responsabilização (*Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act*- CERCLA), a fim de complementar a RCRA. Esta lei enfocou a identificação de áreas contaminadas abandonadas ou desativadas, buscando programar medidas de remediação para proteger a saúde humana e o meio ambiente (Lagrega *et al.*, 1994).

Com a finalidade de atender a CERCLA foi criado o primeiro fundo nacional para recuperação de áreas contaminadas, Superfund, constituído para financiar as etapas de identificação, realização de ações emergenciais, caracterização e recuperação das áreas contaminadas abandonadas ou desativadas, sem responsável identificado.(Sanches,2001)

Os recursos do Superfund podem também ser aplicados em casos emergenciais, como derramamentos e acidentes (USEPA 2004a). Quanto aos recursos financeiros do Superfund, inicialmente (em 1980) foi encaminhado através da CERCLA o valor de US\$ 1,6 bilhão para aplicação durante cinco anos, nos locais mais críticos e abandonados, sendo que em 1983 é criada a primeira Lista Nacional de Prioridades (NPL), com a relação de áreas passíveis de serem financiadas pelo Superfund (USEPA, 2000).

Em 1984 a preocupação com os vazamentos de combustíveis e outros produtos perigosos levou à aprovação de uma emenda à RCRA denominada Hazardous and Solid Waste Amendments – HSWA, que resultou em um esforço da USEPA para prevenir tais tipos de contaminação e exigir o tratamento dos resíduos perigosos antes de sua disposição no solo (USEPA, 2000).

Em 1986 foi publicada a Lei de Reautorização e Reforma do Superfundo (Superfund Amendments and Reauthorization Act - SARA), reforçando os recursos do Superfund(aumentados para US\$ 8,5 bilhões), encorajando a participação pública e dos Estados no gerenciamento e nas decisões ligadas à remediação das áreas contaminadas, encorajando a autodenúncia e reforçando a preocupação com problemas de saúde causados pelas áreas com disposição de resíduos perigosos (USEPA, 2000).

O sistema de gerenciamento das áreas contaminadas dos EUA aplica uma sistemática de avaliação e priorização, conforme as etapas seguintes: Avaliação Preliminar e Investigação Local Priorização de áreas contaminadas, Preparação da Lista Nacional de Prioridades (NPL), - Investigação da Remediação e Estudo de Viabilidade, Registro das Decisões, Projeto de Remediação e Implementação da Remediação, Lista de Conclusão dos Serviços e Pós-Conclusão dos Serviços

De acordo com a CERCLA, a responsabilidade nas questões de áreas contaminadas prevê sua aplicação retroativa, o que implica em que o envolvido deve assumir a responsabilidade mesmo de eventos ocorridos antes da aprovação desta lei (USEPA 2004a).

Segundo Sánchez (2001), esta lei estabelece também a “responsabilidade objetiva”, isto é, independente da existência de culpa, daquele que causar contaminação do solo. Esse princípio jurídico (também adotado pela Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81) implica em que um agente econômico não pode alegar que determinado ato de poluição foi decorrente de evento casual. Assim, o empreendedor assume todos os riscos de uma atividade, inclusive os ambientais, não sendo necessário provar sua imperícia ou negligência para se conseguir na justiça que ele pague pela reparação do dano ambiental.

Segundo Lagrega *et al.*, (1994), o Superfund é apenas um dos programas existentes nos Estados Unidos, cujo objetivo está voltado para a remediação de áreas contaminadas, além da existência de outros, que podem ser citados como o Underground Storage Tanks (UST), Programa Brownfields, Programas Voluntários realizados pela iniciativa privada para evitar a utilização dos programas federais; Programas Federais do Departamento de Defesa e do Departamento de Energia; Programas Estaduais; Programas de Ação Corretiva em Áreas ativas e desativadas de tratamento, armazenamento ou disposição de resíduos regulamentados pelo RCRA, Remediação de Áreas Contaminadas requeridas por alguns estados, antes que a transferência legal de uma propriedade possa ocorrer.

O Programa Brownfields, instituído pela USEPA, foi criado com o intuito de revitalizar antigas áreas industriais, onde a contaminação, existente ou com potencial de existir, desencoraja a reutilização destas áreas. Este programa permite acordos de cooperação, geralmente com os governos locais, para prover acesso e/ou criar fundos de empréstimo rotativos destinados a financiar os trabalhos de remediação nestas áreas, geralmente localizadas em centros urbanos importantes, incentivando sua recuperação (USEPA, 2004a).

O programa de Tanques de Armazenamento Subterrâneos (Underground Storage Tanks – UST), faz parte do RCRA, decretado em 1984, a fim de controlar e prevenir vazamentos e derramamentos de tanques subterrâneos que armazenam substâncias regulamentadas como gasolina, óleo cru, derivados de petróleo e substâncias perigosas (Nardi, 1997 apud Gloden 1999).

## 12.2 - HOLANDA

No início da década de 1980, a Holanda possuía inventário com mais de 4.000 áreas contaminadas. Em 1981, ao redor de 350 investigações e 30 operações de remediação haviam sido iniciadas a um custo estimado de US\$ 20 milhões. As principais fontes de poluição do solo identificadas naquele momento associavam-se às áreas de disposição de resíduos de antigas indústrias desativadas (Cunha, 1997).

Em 1983 foi promulgada uma lei específica denominada “Soil Cleanup Act” (Lei de limpeza do solo), na qual as províncias deveriam submeter anualmente ao Ministério da Habitação, Planejamento e Meio Ambiente, um programa para remediação dos casos mais graves de contaminação do solo existentes em cada província. Em 1987, esta lei foi incorporada à “Lei de Proteção do Solo”, que tem por base a manutenção de padrões de qualidade que assegurem os múltiplos usos do solo (Cunha, 1997).

Por intermédio do Plano de Política Ambiental, estabeleceu-se que a atual geração não deve deixar qualquer passivo ambiental significativo como herança para as gerações futuras. Desta forma, o investimento em medidas preventivas e os custos para implantação de ações corretivas devem ser pagos por quem polui. O proprietário, o usuário ou o poluidor da área são aqueles que podem ser indicados como os responsáveis primários pelo dano ambiental, sendo o governo responsabilizado na impossibilidade de identificar o responsável. O municipal ou provincial avaliará as propostas de remediação e negociará as soluções caso a caso, de acordo com critérios estabelecidos na legislação e pelas autoridades. Durante a remediação o governo atua como fiscal.

A partir de 1995, “foi implantado na Holanda um sistema para o estabelecimento da urgência da remediação, baseado no risco atual para o homem e o ecossistema, além do risco relacionado ao avanço da contaminação” (Gloeden, 1999).

Desta forma, espera-se que os passivos ambientais atuais devem ser reduzidos ou eliminados até o ano de 2015, quando os casos urgentes de contaminação deverão ter sido remediados ou controlados, além de terem sido implantadas medidas de controle para os casos não urgentes de contaminação.

Na Holanda os conhecimentos ou informações adquiridos são inventariados com o objetivo de se confeccionar mapas dos locais identificados e investigados; de investigar-se a qualidade e vulnerabilidade do solo e de vulnerabilidade, que possa fornecer são uma base para a tomada das decisões relativas à adoção de medidas corretivas em áreas prioritárias.

### 12.3 - ALEMANHA

Na Alemanha, conforme a Constituição Federal, os estados têm a competência de programar a remediação de áreas contaminadas, garantir que as áreas suspeitas sejam registradas, avaliar os riscos e, quando necessário, realizar medidas de remediação. Os estados devem arcar com as despesas de execução dos trabalhos de remediação quando o responsável não for identificado (Bieber *et al.*, 1998 apud Gloeden 1999).

Dessa maneira, os estados criaram suas próprias legislações, estabelecendo diferentes formas e diretrizes para lidar com os problemas relacionados às áreas contaminadas. Assim, várias listas de padrões de qualidade dos solos e águas subterrâneas foram criadas, com o objetivo de definir as concentrações indicativas da presença de contaminação e as necessidades de investigação e remediação (Sanden & Freier, 1998).

A Lei de Proteção do Solo da Alemanha de 1998 tem como objetivo proteger e restaurar as funções do solo de forma sustentável. Devem ser tomadas medidas para se evitar alterações nocivas do mesmo, remediar contaminações dos recursos hídricos e implantar medidas preventivas para o solo.

A lei considera que o solo possui funções fundamentais para meio ambiente e o bem estar da população, e que os usuários devem cumprir com obrigações e responsabilidades para garantir a manutenção da sua qualidade.

As considerações desta legislação baseiam-se em:

- Funções naturais do solo compreendendo a base para a vida e o habitat das pessoas, do ciclo hidrológico e dos nutrientes;
- Funções de arquivo da história natural, cultural e do seu uso para depósitos de matérias primas; área para assentamento e recreação; usos agrícolas e florestais; econômicos e públicos, de trânsito, de abastecimento e de disposição de resíduos;
- Obrigações e responsabilidades para a prevenção de perigos de qualquer pessoa que desenvolva / respondam por atividades deve agir de forma a não provocar alterações nocivas no solo e águas subterrâneas, obrigando a implantação de medidas de prevenção ou remediação de modo a não gerar perigos, prejuízos significativos ou incômodos ao indivíduo ou à coletividade. Caso ocorram alterações nocivas ao solo ou passivos, após a data de 01/03/1999, as substâncias nocivas devem ser eliminadas na proporção da situação do solo anterior à poluição. Também na transferência de propriedade após essa data, o proprietário anterior é obrigado a realizar a remediação. Para cumprimento das responsabilidades citadas, se forem determinadas medidas de confinamento, a autoridade competente pode exigir que o responsável oferecesse garantia de manutenção dessas medidas de monitoramento no futuro. Caso a autoridade competente emita ordens ao proprietário ou detentor do terreno, visando a restrição ao uso do solo para a agricultura, silvicultura e exploração da terra, e estes não sejam os responsáveis pelas alterações nocivas no solo, a autoridade deve conceder, conforme lei estadual, uma compensação adequada para os prejuízos econômicos;
- Aspectos centrais da lei federal para as áreas suspeitas de contaminação devem ser identificadas, avaliadas e investigadas pelo órgão público responsável. O responsável pela contaminação deve elaborar um plano de remediação e realizar a execução dos serviços do local contaminado. O público em geral deve ser informado dos problemas gerados pelas áreas contaminadas;
- Obrigação pela responsabilidade solidária de remediação para os empreendedores ou empreendedores e seus sucessores de instalações em áreas contaminadas, na medida em que essas instalações produziram a contaminação; os depositantes, o

produtor do resíduo e seus sucessores de depósitos contaminados; os ex-proprietários, exceto aqueles que durante o período de sua posse não foram nem deveriam ser informados sobre contaminações existentes ou produzidas. Os custos de remediação que na execução dos serviços dependem de compensação, poderão levar a propriedade à hipoteca caso o proprietário for nomeado responsável pela remediação.

Até a implantação da Lei Federal de Proteção do Solo em 1998, vários Estados como Baden-Wurttemberg, Bayern, Bremen, Hamburg, Hessen, Nidersachen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schasen, Schasen-Anhalt e Thuringen possuíam legislações próprias destacando-se a Lei de Hessen de 1994 ( Cunha 1997). A lei tem como objetivo a remediação de áreas contaminadas de modo que, durante a execução, seriam evitados danos ao bem estar público e, depois da conclusão dos serviços, a garantia da isenção de riscos à vida, à saúde humana e ao meio ambiente estavam garantidos.

Compreende as seguintes etapas:

- Procedimentos para identificar áreas suspeitas e contaminadas;
- Definição do Responsável Civil pelo dano ambiental e custos de remediação;
- Cadastro da área contaminada, e Definição das competências dos órgãos públicos.

A responsabilidade ambiental é atribuída àquele que deu motivo à execução das medidas, respondendo pelo pagamento dos custos de execução, avaliação e classificação de cada análise técnica, medidas e amostras e a averiguação de responsáveis pela remediação.

#### 12.4 - LEGISLAÇÃO FEDERAL

Como já visto, segundo o artigo 225º da Constituição Federal do Brasil de 1988, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Conforme o parágrafo 3º. as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, às sanções penais e administrativas, independente da obrigação de reparar os danos causados.

A já citada Lei Federal nº 6.938/81, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto nº 99.274/90, introduziu instrumentos de planejamento ambiental determinando a responsabilização e penalidades para casos de poluição como: recuperação de áreas degradadas e, ao poluidor, a obrigação de recuperar e / ou indenizar os danos causados.

Como mencionado no capítulo 6, a Lei estabeleceu a responsabilidade civil objetiva no Brasil, isto é, independente da existência de culpa, o poluidor (todo aquele que direta ou indiretamente causar dano), é responsável e obrigado a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, cabendo ao Ministério Público da União e dos Estados a legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e penal.

Nela, se encontra claramente que é imposto ao poluidor e ao predador, a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

O Art. 6º como já citado no cap. 6, estabelece o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e determina a estrutura hierárquica das entidades responsáveis da União, dos Estados e dos Municípios, bem como as funções instituídas pelo Poder Público responsável pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. Os Estados devem criar órgãos de controle ambiental, os Órgãos Seccionais, e os Municípios criam as suas entidades responsáveis: os Órgãos Locais. Cabe aos Estados e aos Municípios elaborarem normas e padrões, observando as normas do nível superior respectivo.

Sem obstar a aplicação das penalidades, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. Além de multas o poluidor também está sujeito a cumprir pena de reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos.

Esta lei não se desviou do princípio geral da solidariedade passiva, a qual estabelece que, se houver mais de um autor causador do dano, todos responderão solidariamente pela reparação.

Como já visto, a Lei Federal nº 7.347/85, Lei da Ação Civil Pública, criou a ação de responsabilidades por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor e outros interesses difusos e coletivos, que pode ser proposta tanto pelo Ministério Público, pelas pessoas jurídicas de direito público (União, Estados, Distrito Federal e Municípios), pelas entidades autárquicas, empresas públicas, fundações, sociedades de economia mista ou por associações civis constituídas há pelo menos um ano. De acordo com essa lei, havendo condenação em dinheiro, a indenização pelo dano causado reverterá ao Fundo para Reconstituição de Bens Lesados, regulamentado pelo Decreto Federal nº 92.302/86, podendo ainda receber doações de pessoas físicas ou jurídicas, nacionais ou estrangeiras. Essa lei ratifica a validade do termo de ajustamento de conduta. Os órgãos públicos legitimados poderão tomar dos interessados compromisso de ajustamento de sua conduta às exigências legais, mediante cominações, que terá eficácia de título executivo extrajudicial.

Em 1989 foi criada a Lei Federal nº 7.797/89, referente ao Fundo Nacional de Meio Ambiente – FNMA - que tem como objetivo o desenvolvimento de projetos que visem o uso racional e sustentável de recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental . Esse fundo, regulamentado pelo Decreto nº 3.524/00, é constituído de dotações orçamentárias da União, recursos resultantes de doações, contribuições em dinheiro, valores, bens móveis e imóveis, recebidos de pessoas físicas, rendimentos de qualquer natureza, que venha a auferir como remuneração decorrente de aplicação do seu patrimônio. Dentre outros, são consideradas prioritárias as aplicações de recursos financeiros em projetos nas áreas de controle ambiental.

Os seus recursos deverão ser aplicados por meio de órgãos públicos dos níveis Federal, Estadual e Municipal ou de entidades privadas cujos objetivos estejam em consonância com os objetivos do Fundo Nacional de Meio Ambiente, desde que as referidas entidades não possuam fins lucrativos.

Segundo Milaré (2004), o Fundo referente à Lei Federal nº 7.347/85 disciplina a Ação Civil Pública de responsabilidades por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico e turístico, sendo os recursos provenientes de condenações em ações civis públicas ambientais.

A já citada Lei Federal nº 9.605/98, ou Lei de Crimes Ambientais, reza acerca das Sanções Penais e Administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Segundo a mesma a pessoa jurídica, autora ou coautora da infração ambiental, pode ser penalizada, chegando à liquidação da empresa se ela houver sido criada ou usada para facilitar ou ocultar um crime ambiental. Os valores arrecadados em pagamento de multas serão revertidos ao Fundo Nacional do Meio Ambiente (Decreto Federal nº 3.524/00), ou ao Fundo Naval (Decreto Federal nº 20.923/32), ou aos Fundos estaduais ou municipais de meio ambiente, ou correlatos, conforme dispuser o órgão arrecadador. De acordo com o artigo 54: “quem causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora implicará na pena de reclusão, de um a quatro anos, e também em multa, infração administrativa, prevista no artigo 41º do Decreto Federal nº 3.179/99 da Lei nº 9.605/98.

Caso se comprove a recuperação do dano ambiental a punição poderá ser extinta. No caso de cominação de penas de reclusão de até quatro anos, existe a possibilidade de aplicação de penas alternativas.

A Resolução Federal nº 273/00, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, regulamenta as atividades de postos revendedores de derivados de

petróleo e de outros combustíveis para fins automotivos, empreendimentos considerados como potencialmente poluidores. De acordo com o artigo 8: “a responsabilidade pela reparação dos danos oriundos de acidentes ou vazamentos de combustíveis é dos proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento e / ou equipamentos e sistemas, a partir da ocorrência do evento”.

A responsabilidade solidária será aplicada as áreas contaminadas por atividades de revenda de derivados de petróleo e de outros combustíveis para fins automotivos.

A Portaria 231 de 31/07/1998 do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) estabelece a necessidade de delimitação de perímetros de proteção ao redor da captação. Esta portaria define três zonas de proteção, a saber:

A zona de influência (ZI) é aquela associada ao cone de depressão (rebaixamento da superfície potenciométrica) de um poço em bombeamento ou de uma fonte ou nascente natural, considerado aqui como um afloramento da superfície piezométrica ou freática, equivalente a um dreno.

A zona de contribuição (ZC) é a área de recarga associada ao ponto de captação (fonte ou poço), delimitada pelas linhas de fluxo que convergem a este ponto.

A zona de transporte (ZT) ou de captura é aquela entre a área de recarga e o ponto de captação. É esta zona que determina o tempo de trânsito que um contaminante leva para atingir um ponto de captação, desde a área de recarga. Em geral, este tempo depende da distância do percurso ou fluxo subterrâneo, das características hidráulicas do meio aquífero e dos gradientes hidráulicos.

## 12.5 - LEGISLAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO

O Estado de São Paulo é o único Estado do Brasil que estabeleceu um sistema organizado para a execução do gerenciamento de áreas contaminadas. Nele, a CETESB, órgão que realiza o controle da poluição, utiliza a Lei nº 997/76 e o Decreto nº 8.468 e suas atualizações para embasar suas ações para o desenvolvimento do gerenciamento de áreas contaminadas, sendo aplicada à poluição do solo e águas subterrâneas., que “visa minimizar os riscos a que estão sujeitos à população e o meio ambiente, em virtude da existência das mesmas, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos por elas causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas” (CETESB, 1999). Sua metodologia que vem sendo utilizada para o gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, é apresentada com detalhes no “Manual de Áreas Contaminadas”. A metodologia para o gerenciamento das áreas contaminadas objetiva aperfeiçoar os

recursos técnicos e econômicos, e baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais, onde a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior. Assim, o Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo é baseado em procedimentos técnicos para a identificação, a priorização e a investigação destas áreas, e procedimentos para o cadastramento das informações coletadas, que subsidiam a definição das formas, o planejamento e implantação de medidas corretivas (CETESB, 1999).

A metodologia do gerenciamento de áreas contaminadas é composta por dois processos: o de identificação e o de recuperação de áreas contaminadas. As informações geradas e coletadas nestes processos são armazenadas no Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB, formando a base do Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo (CETESB, 1999).

O processo de identificação de áreas contaminadas objetiva detectar e localizar as áreas contaminadas, o processo de recuperação de áreas contaminadas objetiva implantar medidas corretivas, de forma que a área possa ter um uso compatível com as metas estabelecidas.

No documento intitulado “Procedimentos para Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, que pode ser consultado no “Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”, são descritas as diversas formas como que o órgão ambiental estadual atribui à responsabilidade de execução das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas e os procedimentos internos a serem adotados pela CETESB na condução dos casos relativos a áreas contaminadas.

Neste documento destaca-se um aspecto de fundamental importância no gerenciamento de áreas contaminadas, que é a identificação do responsável pela contaminação (o que nem sempre é possível) e, também, que deverão ser estudadas novas ferramentas, (seguro ambiental, compensação ambiental, valoração ambiental, cobrança de taxas e impostos sobre atividades e produtos, educação ambiental) que permitam a atuação sobre as áreas contaminadas de propriedade do Estado, de proprietário não identificado ou quando o identificado não possuir condições financeiras de arcar com os custos de recuperação da área (CETESB, 20001b).

Poderão ainda ser aplicadas outras leis no Estado de São Paulo em relação às áreas contaminadas são elas:

A Lei Estadual nº 6.134/88, que trata sobre a Preservação dos Depósitos Naturais de Águas Subterrâneas, regulamentada pelo Decreto nº 32.955/91, determina que os órgãos estaduais competentes devam manter serviços indispensáveis à avaliação dos recursos hídricos do subsolo, fiscalização da sua exploração e adoção de medidas

contra a contaminação dos aquíferos e deterioração das águas subterrâneas; e também, que as áreas onde existirem depósitos de resíduos no solo devem ser dotadas de monitoramento das águas subterrâneas, efetuado pelo responsável pelo empreendimento, conforme plano aprovado pela CETESB.

A CETESB vem aplicando esta lei e exigindo o monitoramento de áreas, principalmente de aterros sanitários, através de projetos de disposição de resíduos no solo e que disponha da descrição detalhada da caracterização hidrogeológica do local, permitindo assim uma perfeita avaliação de vulnerabilidade das águas subterrâneas, bem como a descrição detalhada das medidas de proteção a serem adotadas.

Anualmente o responsável pelo empreendimento deverá apresentar relatório à CETESB, no qual serão informados os dados obtidos no monitoramento. No caso de alteração comprovada em relação aos parâmetros naturais de qualidade da água nos poços à jusante, o responsável pelo empreendimento deverá executar as obras necessárias para a recuperação das águas subterrâneas. Cabe ao DAEE (Departamento de Águas e Esgotos do Estado de São Paulo), à CETESB e à Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo, no âmbito das respectivas atribuições, fiscalizar a utilização das águas subterrâneas, para fins de proteção contra a poluição e evitar efeitos indesejáveis aos aquíferos e à saúde pública.

A Lei nº 6.536/89 regulamentado pelo Decreto nº 27.070/87 do Estado de São Paulo, autoriza o Poder Executivo a criar o Fundo Especial de Despesa de Reparação de Interesses Difusos Lesados, tendo como objetivo ressarcir a coletividade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, bem como ao Estado.

A Lei nº 9.999/98 do Estado de São Paulo vem sendo amplamente utilizada pela CETESB, sendo aplicada à Região Metropolitana, estabelece a necessidade de realização de estudos sobre a qualidade do solo em zonas de uso predominantemente industrial para permitir a sua descaracterização e permitir outros usos como o residencial, comercial ou institucional.

O Decreto do Estado de São Paulo nº 47.397/02 atribui nova redação ao Título das Licenças da Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto nº 8.468/76 para o artigo 60 onde reza que não será expedida Licença de Instalação quando houver indícios ou evidências de que ocorrerá lançamento ou liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo, e o Artigo 69 A onde indica que o saneamento da área objeto de deposição, aterramento ou contaminação com materiais nocivos à saúde pública deverá ser executado previamente ao pedido de Licença de Instalação.

O Decreto nº 47.400/02, que regulamenta dispositivos da Lei do Estado de São Paulo nº 9.509/97, referente ao licenciamento ambiental, estabelece prazos de

validade para cada modalidade de licenciamento ambiental e condições para sua renovação.

Estes dois últimos decretos são recentes e certamente também contribuirão para o Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no que diz respeito à identificação de áreas contaminadas e na responsabilização pelo dano ambiental, de modo que a licença de funcionamento de um empreendimento fica amarrada à comprovação da inexistência de contaminação na área, exigindo-se desta forma um auto-monitoramento dos empreendimentos que constituam atividades potencialmente contaminantes.

O Decreto nº 47.400/02 nos seus artigos 5º e 6º, trazem contribuições importantes para se evitar problema futuros com os passivos ambientais.

A Lei Estadual nº 13.577, de 8 de julho de 2009 do Estado de São Paulo, estabelece que área contaminada seja uma área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.

A regulamentação da Lei "propõe penalidades e multas, mas admite atenuantes no caso em que os responsáveis pelas áreas comprovem empenho na mitigação dos impactos". O texto considera responsáveis o causador da contaminação e seus sucessores, o proprietário da área, o superficiário, o detentor da posse efetiva e quem dela se beneficiar direta ou indiretamente.

A lei ainda exige que o responsável pela área desenvolva um plano de remediação para o terreno. O responsável terá que oferecer uma garantia de valor mínimo de 125% do custo estimado para o plano.

O documento também prevê a criação do Fundo Estadual de Prevenção e Remediação de Áreas Contaminadas (Feprac) com recursos do orçamento do Estado, podendo receber doações e compensações ambientais, além de 30% das multas arrecadadas pela aplicação da própria lei.

## 12.6 - LEGISLAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

A nível municipal, o Município de São Paulo é o pioneiro em criar legislação específica que trate das questões de áreas contaminadas. As legislações municipais estão em consonância com o Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo, e devem somar às ações empreendidas pela CETESB. A contribuição dos municípios no gerenciamento das áreas contaminadas é importante

no controle da ocupação das áreas potencialmente contaminadas ou contaminadas e facilitar a reabilitação destas áreas após o processo de recuperação.

O Decreto nº 42.319/02, sobre Diretrizes e Procedimentos relativos ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas, estabelece no tocante a responsabilidade ambiental, ao nível municipal, que qualquer forma de parcelamento, uso e ocupação do solo, inclusive aqueles provenientes de empreendimentos públicos, em áreas contaminadas ou suspeita de contaminação, só poderá ser aprovada ou regularizada após a realização pelo empreendedor de investigação do terreno e avaliação de risco para o uso existente ou pretendido, a serem submetidos à apreciação do órgão ambiental competente.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de São Paulo – PMSP-SMA, deverá manter cadastro de áreas contaminadas e suspeitas de contaminação, permanentemente atualizado, preferencialmente em consonância com o órgão ambiental estadual para, dentre outras finalidades, subsidiar as ações de outras Secretarias Municipais. Os responsáveis pelos órgãos da Administração Direta e Indireta que obtiverem informações sobre área potencialmente contaminada ou suspeita de contaminação deverão informar a PMSP-SMA para a respectiva inclusão no cadastro. Os recursos financeiros aplicáveis para atendimento deste Decreto atende ao princípio do poluidor-pagador.

As subprefeituras deverão adotar fiscalização preventiva nas áreas contaminadas ou suspeitas de contaminação, impedindo ocupações irregulares e informando à SMMAPSP sobre qualquer ocorrência.

A Lei nº 13.564/03, sobre a Aprovação de Parcelamento de Solo, Edificação ou Instalação de Equipamentos em Terrenos Contaminados ou Suspeitos de Contaminação por Materiais Nocivos ao Meio Ambiente e à Saúde Pública, oferece a base para aspectos que abordam a preservação ou a recuperação da qualidade ambiental e os instrumentos legais, como as políticas nacional ou estadual do meio ambiente, para o controle de poluição. De acordo ainda com a lei, a aprovação de qualquer projeto de parcelamento de solo, edificação ou instalação de equipamento em terrenos considerados contaminados ou suspeitos de contaminação por materiais nocivos ao meio ambiente e à saúde pública, ou cuja presença possa constituir-se em risco de uso do imóvel, por qualquer usuário, ficará condicionada à apresentação de Laudo Técnico de Avaliação de Risco que comprove a existência de condições ambientais aceitáveis para o uso pretendido do imóvel.

## 12.7 - MONITORAMENTO E PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conforme definido pela U.S.Environmental Protection Agency em 1974: “o monitoramento da qualidade da água pode definir-se como um programa de observação contínua cientificamente projetado incluindo a coleta de amostras direta e medida da qualidade à distância, inventário das causas potenciais e reais que produzem mudanças na qualidade, análises das causas que no passado produziram mudanças na qualidade e previsão da natureza das futuras mudanças na mesma”

Para um completo monitoramento de um aquífero, deve-se levar em conta a qualidade e a quantidade, ou seja detectar os problemas relacionados à deterioração dos padrões de qualidade em função de uma contaminação, assim como aqueles referentes às disponibilidades, tendo em vista, a super-exploração, os desperdícios, as interferências, os rebaixamentos excessivos da superfície piezométrica, dentre outros.

O monitoramento da quantidade se faz necessário para o próprio controle da qualidade, pois, caso haja um rebaixamento excessivo provocado por super-exploração, poderá acarretar salinização por avanço da interface água doce/água salgada nos aquíferos costeiros, o mesmo ocorrendo na drenança de águas salinizadas de aquíferos de água de má qualidade para aquífero de água boa, em camadas interestratificadas, quando uma intensa exploração produz uma reversão de cargas potenciométricas, dentre outras causas.

O Decreto nº 20.423 de março de 1998 do Governo do Estado de Pernambuco em seu artigo 53º, trata especificamente sobre o monitoramento do aquífero.

Segundo Porras & Wilson (1980), em linhas gerais se podem definir quatro tipos de monitoramento de qualidade:

- a) Monitoramento da tendência geral: medidas das condições e tendências da qualidade da água em relação com os padrões de qualidade. Estas medidas seriam representativas da situação geral de uma bacia, assim como das influências que modificam a qualidade local;
- b) Monitoramento das origens ou fontes da contaminação: medidas dos efluentes que vêm a chegar ao aquífero e que têm influência negativa na qualidade da água;
- c) Monitoramento de casos especiais: recolhimento de evidências para o controle de situações de contaminação existentes ou previstas;
- d) Monitoramento para investigação: medidas especificamente relacionadas com as atividades da investigação.

Para se ter um sistema de monitoramento da qualidade bem projetado, deve-se levar em consideração a necessidade de monitorar uma série de parâmetros relacionados com as fontes potenciais de contaminação, e não apenas a composição

da água nos poços, fontes e rios. Para o estabelecimento de uma rede de pontos de observação, os elementos decisivos são o tipo de parâmetros a observar, os métodos de tomada de amostras, a distribuição e o número de poços ou pontos de observação e a frequência com a qual, em cada ponto, hão de tomarem-se as amostras.

Os principais elementos para um bom monitoramento podem ser assim definidos:

- a) Objetivo específico do monitoramento na zona;
- b) Características geológicas, hidrogeológicas e qualidade do sistema aquífero;
- c) Distribuição das atividades presentes ou futuras que possam produzir contaminação das águas superficiais ou subterrâneas;
- d) Tipos de contaminantes envolvidos em ditas atividades;
- e) Situação das áreas de bombeamento, presentes ou futuras;
- f) Valor presente ou futuro do recurso em águas subterrâneas que representa o aquífero a monitorar.

O objetivo desejável de uma rede de observação é conhecer o grau de contaminação em vários pontos ao redor do foco contaminante, especialmente na direção das áreas donde há poços de bombeamento.

Le Grande (1964), propôs o estabelecimento de quatro zonas ao redor de um foco de contaminação, cujo prévio conhecimento pode poupar dinheiro e esforço, são elas:

- a. Zona de elevada concentração de contaminantes;
- b. Zona de contaminação moderada, onde a água é de qualidade inadequada para o uso (“zona precursora tardia”);
- c. Zona de contaminação detectável, onde a qualidade da água não é seriamente inadequada para os usos a que se destina (“zona precursora precoce”);
- d. Zona não contaminada.

Outro parâmetro importante a ser conhecido para que se possa estabelecer um zoneamento seguro, é a definição do Perímetro ou Área de Proteção de Poço - PPP. A USEPA (1987) estabelece para um PPP três diferentes zonas, segundo suas características hidráulicas: a ZI - zona de influência, a ZC - zona de contribuição e a ZT - zona de transporte (figura 12.1)

Segundo Cleary (1988), as zonas de proteção de um poço a ser protegido poderão ser vistas na figura 12.1.

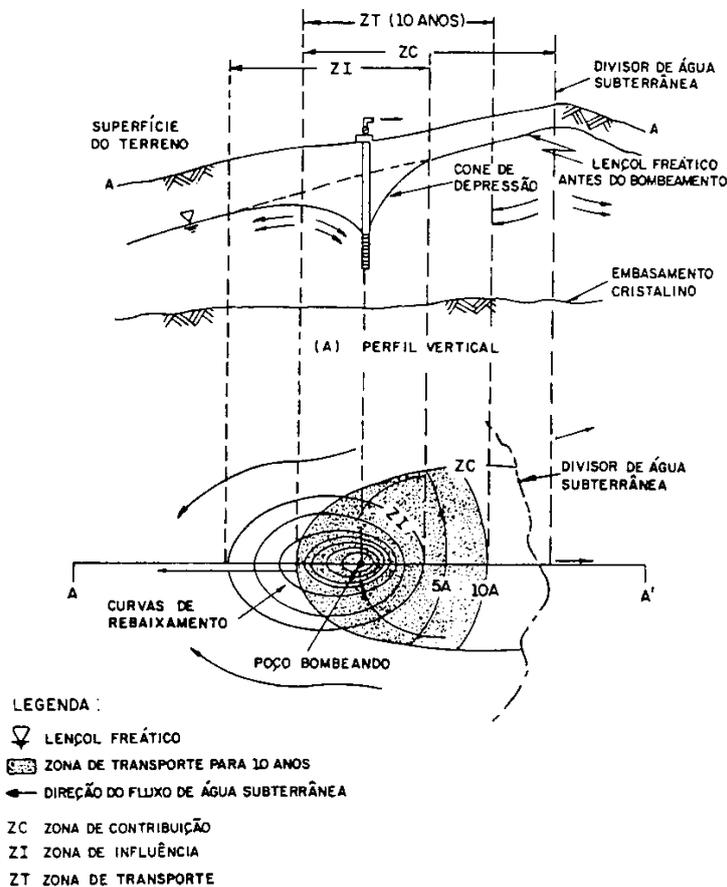


Figura 12.1 - Ilustração gráfica das zonas em torno do poço a ser protegido: zona de contribuição de contribuição (ZC), zona de influência (ZI) e zona de transporte (ZT) de acordo com Cleary, 1988

A ZI está associada ao cone de depressão (rebaixamento da superfície potenciométrica) de um poço em bombeamento.

A ZC é a área de recarga associada a um poço. Teoricamente, qualquer substância móvel e persistente que se encontre dentro dessa zona é conduzida para o poço em exploração. A ZC corresponde à área de preocupação em relação à qualidade da água do poço.

A ZT ou zona de captura para determinado tempo de trânsito, é estabelecida com relação há tempos específicos que supostas plumas contaminantes levam para atingir o poço, muitas vezes sem considerar a dispersão hidrodinâmica, retardação ou degradação. A ZT foi criada para restringir a área das ZCs que, em alguns casos, podem atingir valores muito elevados.

Ao se analisar o comportamento hidráulico de aquíferos, as ZI e ZC serão iguais apenas quando a superfície potenciométrica for perfeitamente plana e horizontal, num aquífero homogêneo e isotrópico. Caso o aquífero apresente a superfície potenciométrica inclinada, a ZC perde o formato circular, adquirindo uma forma elíptica. O formato da PPP pode ser alterado de acordo com algumas condições de contorno, como a presença de barreiras negativas (rochas impermeáveis, falhas), ou positivas (rios, lagos), ou também a anisotropia e heterogeneidade do meio.

Segundo Hirata (1996), o traçado das PT é influenciado pelos seguintes fatores:

- diferentes métodos de definição de PPPs resultando em diferentes traçados; a escolha do método está associada à disponibilidade de informações e de recursos financeiros;
- anisotropia do meio, principalmente associado à condutividade hidráulica diferenciada das litologias;
- heterogeneidade do meio, continuidade dos estratos permeáveis e menos permeáveis, graus de confinamento e fraturamento do aquífero;
- influências do rebaixamento de outros poços de bombeamento na região;
- geometria do aquífero, presença de barreiras positivas e negativas, condições de contorno;
- sazonalidade dos níveis de água e das superfícies potenciométricas;
- desconhecimento das porosidades efetivas do aquífero.

A USEPA (1987) mostra que o traçado de uma PPP pode ser feito por uma das técnicas seguinte:

- a. Raio fixo arbitrário: traçado a partir de um valor fixo de raio, definido por um hidrogeólogo experiente; criam-se áreas circulares em torno de poços ou baterias de poços; é um método rápido, simples e de baixo custo;
- b. Raio fixo calculado: o raio da circunferência de delimitação do PPP é calculado com base nos tempos de trânsito das águas no poço, em função das taxas diárias de bombeamento, porosidade total e espessura saturada do aquífero;
- c. Mapeamento de vulnerabilidade: a partir de mapas geológicos, hidrogeológicos de solos e de descrições geológicas são identificadas áreas de maior fragilidade do aquífero; o método é mais indicado para aquíferos fissurais;
- d. Mapeamento hidrogeológico ou Mapeamento de Sistemas de Fluxo (MH) Identifica as feições físicas que controlam o fluxo das águas subterrâneas, tais como: contatos geológicos que delimitam o aquífero, estruturas geológicas (como fraturas ou soerguimento de litologias de baixa condutividade hidráulica), divisores de águas subterrâneas, e condicionantes hidráulicos;

- e. Formato Simples Variável (FSV): este método é uma combinação do método analítico, que se utiliza de uma equação de fluxo uniforme, do tempo de trânsito e de contornos de fluxo, para gerar formatos-padrão que são aplicados sobre fontes e poços que se queira proteger;
- f. Mapeamento dos sistemas de fluxos com equação de tempo de trânsito (MSFETT): a partir do mapa hidrogeológico, estabelece-se os gradientes e os tipos de aquíferos existentes; de posse dos valores médios de condutividade hidráulica e porosidade efetiva é possível definir a velocidade real média, utilizando a lei de Darcy.
- g. Mapeamento dos sistemas de fluxos com equação de fluxo uniforme (FU): a construção de mapas de superfícies potenciométricas permite a aplicação das equações de fluxo uniforme para definir a ZC para um poço bombeando em um aquífero que tenha a superfície potenciométrica inclinada;
- h. Aproximação dos tempos de trânsito (ATT): esta técnica utiliza-se de dados da hidrogeoquímica e dos isótopos para identificar os caminhos da água subterrânea e taxas de fluxo;
- i. Modelos numéricos de fluxo/transporte (MN): é traçado com base em um modelo de simulação, que faz uso de equações de fluxo e transporte, com soluções numéricas.

O programa de gerenciamento dos Estados Unidos da América definiu três diferentes zonas, com diferentes objetivos:

- Zona de ação remediadora: área em torno do poço que dê tempo hábil às instituições públicas solucionarem os problemas decorrentes da contaminação detectada.
- Zona de atenuação: área que permita a eliminação de contaminantes degradáveis, principalmente microbianos;
- Zona de gerenciamento: para regular as atividades de uso do solo na área de recarga ou contribuição (ZC) do poço. Esta zona se destina a contaminantes persistentes e móveis.

A técnica utilizada para a coleta de dados pode variar em função das disponibilidades financeiras, do problema específico e das características locais. Independentemente de qualquer aspecto a perfuração de poços para coleta de amostras d'água é essencial. Os tipos de análises e seus respectivos quantitativos, bem como a frequência de coleta no tempo, variarão em função dos objetivos.

Foster *et al.* (2002), produziram um guia técnico considerando que a proteção da qualidade da água subterrânea em uma unidade de captação, está diretamente relacionada com o controle das atividades existentes na sua zona de contribuição, dividindo em três partes as principais zonas de proteção:

- Zona Operacional do Poço (ZOP) – que corresponde a um raio de pelo menos 20 metros ao redor da captação;
- Área de Proteção Microbiológica (APMi) – que corresponde a uma isócrona de 50 dias de tempo de trânsito da água a montante da captação, sendo que para aquíferos fraturados e confinados o critério é um raio de 50 metros ao redor da captação;
- Área Total de Captura da Captação (ATC) – que corresponde à zona de contribuição da captação ou, por vezes, considerando um tempo de trânsito de 10 anos.

Dias *et al.* (2004), com base no Decreto 32.955/91 do Estado de São Paulo, propuseram quatro zonas de proteção, com aplicação de restrições mais rígidas nas zonas mais próximas de captação: Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS), Perímetro de Alerta (PA), Zona Proximal de Restrição e Controle (ZPRC) e Zona Distal de Restrição e Controle (ZDRC). Esse método foi utilizado para a restrição ao uso e ocupação do solo e proteção aos aquíferos da cidade de Ribeirão Preto – São Paulo.

#### 12.8 - A RESOLUÇÃO Nº 107, DE 13 DE ABRIL DE 2010 DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.

Estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para planejamento, implantação e operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas. Considerando que o monitoramento das águas subterrâneas é essencial para estabelecer a referência de sua qualidade, a fim de viabilizar o seu enquadramento em classes, e ainda que a prevenção e controle da poluição estejam diretamente relacionados aos usos e classes de qualidade de água exigida para um determinado corpo hídrico subterrâneo e a necessária gestão integrada das águas subterrâneas e superficiais

A Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas deverá ser planejada e coordenada pela Agência Nacional de Águas – ANA e implantada, operada e mantida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, ambas as instituições em articulação com os órgãos e entidades gestores de recursos hídricos dos estados e do Distrito Federal.

As informações qualitativas e quantitativas geradas serão incorporadas ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH. A escolha dos pontos de monitoramento deverá considerar:

- o uso e a ocupação do solo;
- a demanda pela água subterrânea:
  - a) densidade de poços;
  - b) volume de exploração;

- c) densidade e crescimento populacional;
- d) uso da água para abastecimento público;
- e) tipo de atividade econômica; e
- f) áreas de conflitos;
  - caracterização geológica;
  - caracterização hidrogeológica:
    - a) hidráulica;
    - b) geometria;
    - c) tipo de aquífero;
    - d) zonas de recarga/descarga; e
    - e) interação das águas superficiais e subterrâneas.

- hidrogeoquímica:

- a) características naturais das águas subterrâneas; e
- b) águas subterrâneas alteradas por ações antrópicas.

Inciso VI - vulnerabilidade natural dos aquíferos, risco de poluição das águas subterrâneas e áreas contaminadas;

- clima:

- a) tipos climáticos;
- b) área sujeita a eventos hidrometeorológicos críticos.

- aquíferos de importância estratégica; e a proximidade e possibilidade de integração com estações de monitoramento hidrometeorológicas.

A Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas deverá especificar, para cada aquífero a quantidade e distribuição espacial de poços georeferenciados a ser construídos exclusivamente para monitoramento, a quantidade e distribuição de poços georeferenciados existentes a serem integrados a rede nacional de monitoramento, os parâmetros de qualidade de água selecionados a partir da Resolução CONAMA nº 396, de 2008, as frequências de obtenção dos dados quantitativos e qualitativos.

Para integrar a Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrânea são necessários poços com informações construtivas, e que representem as características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de um só aquífero.

A Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas será objeto das seguintes campanhas de obtenção de dados:

- uma campanha inicial de coleta de água, repetida a cada cinco anos que analisará parâmetros selecionados da Resolução CONAMA nº 396, de 2008, em função da hidrogeoquímica natural da água, do uso e ocupação do solo e dos usos preponderantes da água subterrânea;

- uma campanha semestral abrangendo, pelo menos, os parâmetros pH, cloretos, nitritos, nitratos, dureza total, alcalinidade total, ferro total, sólidos totais dissolvidos, e coliformes termotolerantes; e
- uma campanha de medição contínua *in loco*, preferencialmente de forma automática, para determinação do nível estático (NE), temperatura e condutividade elétrica. As coletas deverão ser realizadas de acordo com critérios e procedimentos normatizados, e as análises realizadas por laboratórios credenciados. Nos casos de desconformidades nos parâmetros indicados, análises mais específicas e frequentes deverão ser realizadas para identificação do problema e tomada de ações corretivas por parte dos órgãos competentes.

As informações processadas na Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas serão divulgadas em boletim anual e disponibilizadas no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH.

#### 12.9 - A RESOLUÇÃO 92 DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS QUE ESTABELECE CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS GERAIS PARA A PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Estabelece critérios e procedimentos gerais para a proteção e conservação das águas subterrâneas no território nacional, visando identificar, prevenir e reverter processos de superexploração, poluição e contaminação. Os órgãos gestores deverão promover estudos hidrogeológicos, a serem executados por entidades públicas ou privadas, com abrangência e escalas adequadas nas seguintes categorias:

- estudos hidrogeológicos regionais para delimitar as áreas de recarga dos aquíferos e definir suas zonas de proteção;
- estudos hidrogeológicos regionais, para identificar as potencialidades, disponibilidades e vulnerabilidades dos aquíferos para a utilização das águas subterrâneas, em especial nas áreas com indícios de superexploração, poluição ou contaminação, que poderão determinar áreas de restrição e controle de uso de água subterrânea, abrangendo os seguintes aspectos:
  - a) os recursos hídricos disponíveis para exploração considerando, dentre outros fatores, a descarga de base dos rios;
  - b) o risco de instabilidade geotécnica, em especial nas áreas de aquíferos cársticos, bem como o uso e ocupação do solo;
  - c) a sustentabilidade de exploração, em áreas de aquíferos costeiros, visando evitar a salinização pela intrusão salina.

– estudos hidrogeológicos locais para a delimitação de perímetros de proteção de fontes de abastecimento, devendo considerar:

- a) as características do aquífero;
- b) a proteção sanitária da fonte de abastecimento;
- c) à distância em relação a fontes potenciais de contaminação; e
- d) as interferências por captações no entorno.

Os planos de recursos hídricos devem delimitar as áreas de recarga de aquíferos e definir suas zonas de proteção. Para as zonas de proteção deverão ser propostas diretrizes específicas de uso e ocupação do solo. No caso de inexistência de planos de recursos hídricos, o órgão gestor de recursos hídricos competente poderá propor a delimitação e definição das áreas previstas no caput, com aprovação dos respectivos Comitês de Bacias, onde houver, e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

O órgão gestor de recursos hídricos competente, em articulação com os órgãos de meio ambiente, poderá instituir com aprovação dos Comitês de Bacias, onde houver, e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, áreas de restrição e controle de uso de águas subterrâneas desde que tecnicamente justificadas, com ênfase na proteção, conservação e recuperação de:

- mananciais para o abastecimento humano e a dessedentação dos animais;
- ecossistemas, ameaçados pela superexploração, poluição ou contaminação das águas subterrâneas;
- áreas vulneráveis à contaminação da água subterrânea;
- áreas com solos ou água subterrânea contaminada, e;
- áreas sujeitas a ou com identificada exploração.

No processo de análise e deferimento de outorga de direitos de uso das águas subterrâneas, devem ser considerados os estudos hidrogeológicos descritos anteriormente.

As captações de águas subterrâneas deverão ser projetadas, construídas e operadas com as normas técnicas vigentes, de modo a assegurar a conservação dos aquíferos, bem como ser dotadas de dispositivos que permitam a coleta de água, medições de nível, vazão e volume captado visando o monitoramento quantitativo e qualitativo.

Poços abandonados, improdutivos ou cuja operação cause alterações prejudiciais à qualidade das águas subterrâneas deverão ser objeto de providências, de acordo com procedimento aprovado pelo órgão gestor de recursos hídricos competente.

A recarga artificial de aquíferos somente será admitida mediante autorização do órgão gestor de recursos hídricos competente. A autorização para essa recarga deve

ser emitida com base em estudos hidrogeológicos e no uso preponderante da água subterrânea que justifiquem a adoção do procedimento requerido.

As captações de água subterrânea que apresentem indícios de superexploração, poluição ou contaminação das águas subterrâneas deverão ser monitoradas com vistas a detectar alterações de quantidade e qualidade da água. O monitoramento deverá obedecer a critérios técnicos e metodologias aceitas pelo órgão gestor de recursos hídricos competente. Caso sejam constatadas alterações da qualidade da água que prejudiquem seus múltiplos usos, o usuário deverá adotar medidas mitigadoras indicadas pelo órgão de recursos hídricos competente

Programas de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas devem ser implementados com ênfase nas áreas de:

- proteção;
- restrição e controle;
- influência de empreendimentos que apresentem potencial de poluição e risco de contaminação;
- risco geotécnico;
- superexploração;
- intrusão marinha;
- recarga e descarga; e
- recarga artificial.

Os órgãos gestores dos recursos hídricos em articulação com os órgãos ambientais e de saúde poderão exigir dos usuários o monitoramento da água subterrânea outorgada nessas áreas.

As informações decorrentes da aplicação desta resolução deverão ser integradas aos sistemas estaduais de informações e incorporadas ao Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos

### 13. POLÍTICA E SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO PERNAMBUCO.

Em 1997, tendo como base a Constituição Estadual, o estado de Pernambuco, sancionou em 17 de janeiro de 1997, as Leis nº 11.426 e 11.427, regulamentadas pelos respectivos Decretos nºs 20.269, de 24.12.97 e 20.423, de 26.03.98 que dispõem sobre a Política e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, instituem o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e da outras providências; e sobre a Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas. Através da Lei 11.426, bem como a criação da Secretaria de Recursos Hídricos através da Lei nº 11.629 de 28 de janeiro de 1999, o estado inaugurava de modo pioneiro um marco regulatório que promoveria o uso racional da água, o crescimento econômico sustentável e a participação da sociedade civil. Instrumentos de políticas como a outorga e a cobrança pelo uso foram previsto, embora este último não tenha sido alçado na gestão hídrica do estado. Em 2004, a Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente, que tem a competência de gerir os recursos hídricos do Estado de Pernambuco, propôs ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos a revisão e atualização da Lei estadual a partir de uma ampla consulta aos diversos setores envolvidos no sistema de recursos hídricos. Em junho de 2005, foi enviado à Assembleia Legislativa um Projeto de Lei, e em dezembro de 2005, foi aprovada a Lei nº 12.984 – Lei das Águas que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Recursos Hídricos. Essa Lei enfatiza que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser compatível com as diretrizes do desenvolvimento regional e local.

Considerou-se, portanto, a água como um elemento estratégico para o crescimento sustentável de Pernambuco, estando entrelaçado com a proteção ao meio ambiente e a inclusão social que podem ser impulsionados por ações participativas e descentralizadas previstas na lei.

A nova Lei de águas de Pernambuco acrescenta aos instrumentos essenciais já previstos – outorga e cobrança pelo uso – os planos diretores de recursos hídricos, a fiscalização e o monitoramento dos recursos hídricos como instrumentos de gestão que permitirão o planejamento e acompanhamento das ações relativas ao aproveitamento e usos dos recursos hídricos. Dentre todos os instrumentos disponíveis, destacam-se a integração com os Sistemas Estadual do Meio Ambiente e o de informação de Recursos Hídricos, que tem como princípio básico a coleta e o repasse de informações importantes para que um gerenciamento eficiente e transparente possa ser difundido.

Caberá ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, composto por conselhos comitês de bacia hidrográfica, órgãos gestores, organizações da sociedade civil e agências de bacia, formular, programar e coordenar a Política Estadual de Recursos Hídricos. Pioneiramente os comitês de bacia hidrográfica terão voz e assento naquele Conselho, o mesmo se aplicando à representação da Assembleia Legislativa do Estado, passando a existir uma conexão com as propostas emanadas daquele órgão colegiado. A formatação dessa estrutura propiciou uma ampliação mais democrática nas responsabilidades de se exercer funções normativas e deliberativas de formulação, controle e avaliação da Política Estadual de Recursos Hídricos. Desta forma, atribuiu-lhe a competência de aprovar o plano de aplicação dos recursos financeiros do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – Fehidro, e a definição acerca dos quantitativos isentos de outorga.

A nova Lei das Águas do Estado de Pernambuco visa superar conflitos, promover o uso racional da água, como também priorizar os investimentos públicos com base em critérios sociais, econômicos, institucionais e ambientais, fincando um marco decisório para a integração dos recursos hídricos do Estado.

### 13.1 - A LEI Nº 11.427 DE 17 DE JANEIRO DE 1997

Dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco e dá outras providências. Dispõe quais as águas subterrâneas águas subterrâneas terão programa permanente de conservação e proteção, visando seu melhor aproveitamento. Essa conservação e proteção das águas subterrâneas implicam no seu uso racional, na aplicação de medidas de controle à poluição e na manutenção do seu equilíbrio físico-químico e biológico em relação aos demais recursos naturais.

O Poder Executivo poderá instituir área de proteção, restringir as vazões captadas por poços, estabelecer distâncias mínimas entre poços e outra medidas que o caso requerer.

É proibido poluir as águas subterrâneas, assim entendida a alteração das suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, de forma a acarretar prejuízos à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações, comprometer o seu uso para fins agropecuários, industriais, comerciais e recreativos ou causar danos à flora e à fauna.

Os resíduos líquidos, sólidos ou gasosos provenientes de atividades agropecuárias, industriais, comerciais, minerais ou de qualquer natureza, somente poderão ser armazenados, transportados ou lançados, de forma a não poluírem as águas subterrâneas.

A descarga de poluentes que possam degradar a qualidade das águas subterrâneas será punida na forma prevista nesta lei e em normas dela decorrentes, sem prejuízo das sanções penais cabíveis.

Os resíduos líquidos, sólidos ou gasosos provenientes de atividades agropecuárias, industriais, comerciais, minerais ou de qualquer natureza, somente poderão ser armazenados, transportados ou lançados, de forma a não poluírem as águas subterrâneas.

A descarga de poluentes que possam degradar a qualidade das águas subterrâneas será punida na forma prevista nesta lei e em normas dela decorrentes, sem prejuízo das sanções penais cabíveis.

As captações de água subterrânea deverão ser dotadas de dispositivos adequados de proteção sanitária, no propósito de evitar a penetração de poluentes. Cuidado maior requer os poços abandonados ou em funcionamento que estejam acarretando poluição ou representem riscos ao aquífero, e as perfurações realizadas para outros fins que não a extração de água, que deverão ser adequadamente cimentados de forma a evitar acidentes, contaminação ou poluição dos aquíferos. Quanto às poços jorrastes, deverão ser dotados de dispositivos adequados para evitar desperdícios.

O Poder Executivo do Estado de Pernambuco poderá celebrar convênios com os respectivos estados vizinhos, visando à preservação e à administração dos aquíferos comuns a mais de uma unidade federativa.

#### 13.1.1 - Da Outorga Administrativa

A utilização das águas subterrâneas no Estado dependerá da concessão ou autorização administrativa, outorgada pelo órgão gestor de Recursos Hídricos de Pernambuco nos seguintes casos:

- concessão administrativa, quando a água destinar-se a usos de utilidade pública;
- autorização administrativa, quando a água captada destinar-se a outras finalidades.

Ressalta-se que a outorga administrativa do uso das águas subterrâneas será concedida concomitantemente com a licença de execução e levará em conta as condições de explotabilidade dos diversos aquíferos no Estado de Pernambuco.

O proprietário de qualquer terreno poderá, nos termos desta lei, explorar as águas subterrâneas subjacentes, desde que não venha a acarretar prejuízos às captações pré-existentes na área.

Vale salientar que as captações de águas subterrâneas destinadas exclusivamente ao usuário doméstico residencial ou rural, com profundidades reduzidas ou vazões

insignificantes, estarão dispensadas de outorga e das licenças de execução e exploração.

Os critérios para caracterização de “profundidades reduzidas” e de “vazão insignificante” serão determinados pela autoridade gestora. Todavia, essas captações ficarão sujeitas à fiscalização da administração, na defesa da saúde pública.

Os proprietários dessas captações ficam obrigados a cadastrá-las, na forma do Art. 23 desta lei e de sua posterior regulamentação.

Os titulares das concessões e autorizações são obrigados a:

- cumprir as exigências formuladas pela autoridade outorgante;
- atender à fiscalização, permitindo o livre acesso aos planos, projetos, contratos, relatórios, registros e quaisquer documentos referentes à concessão ou à autorização;
- construir e manter, quando e onde determinado pela autoridade outorgante, as instalações necessárias às observações hidrométricas das águas extraídas;
- manter em perfeito estado de conservação e funcionamento os bens e as instalações vinculadas à concessão ou à autorização;
- não ceder a água captada a terceiros, com ou sem ônus, sem a prévia anuência da autoridade outorgante;
- permitir a realização de testes e análises do interesse hidrogeológico, por técnicos credenciados pela autoridade outorgante.

As concessões e autorizações serão outorgadas por prazo compatível com a natureza do serviço a que se destine o aproveitamento, não excedente há vinte anos, podendo ser renovadas

O exercício do direito de uso das águas subterrâneas será sempre condicionado à disponibilidade existente.

No caso de risco de escassez das águas subterrâneas, ou sempre que o interesse público assim o exigir, e sem que assista ao outorgado qualquer direito à indenização, a nenhum título, a autoridade administrativa poderá:

- determinar a suspensão da outorga de uso, até que o aquífero se recupere ou seja superada a situação que determinou a carência de água;
- determinar a restrição ao regime de operação outorgado;
- revogar a concessão ou a autorização para uso de água subterrânea.

#### 13.1.2 - Da Licença de Execução e Exploração

A execução das obras destinadas à captação de água subterrânea dependerá de Licença de Execução, concedida a título oneroso pela CPRH, de conformidade com critérios a serem definidos em regulamento. Para obtenção da “Licença de Execução”

da obra de captação no Estado de Pernambuco, o interessado deverá protocolar na sede da CPRH expediente constante de:

- requerimento solicitando aprovação e licenciamento para execução da obra conforme modelo padronizado a ser fornecido pela CPRH.
- planta de localização das instalações do requerente, situando vias de acesso, fontes poluentes (esgoto, fossa, etc.), com indicação precisa do local pretendido para a obra e de outras obras porventura existentes na área, em escala a ser definida em regulamento, e acompanhada de croqui ilustrativo;
- relatório técnico detalhado, conforme modelo a ser fornecido pela CPRH, inclusive com o projeto da obra de captação;
- comprovante do recolhimento da correspondente Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, junto ao CREA - PE.

Aprovados os estudos e projetos da obra de captação de água subterrânea, a CPRH expedirá a “Licença de Execução” e credenciará os seus agentes para acompanharem a obra, realizarem ou exigirem os testes de bombeamento e as análises recomendáveis.

A captação de água subterrânea através de poços tubulares deverá ser efetuada de acordo com as normas técnicas específicas adotadas pelo órgão gestor e pela CPRH e será subordinada à existência de condições naturais que não venham a ser comprometidas quantitativa ou qualitativamente pela exploração pretendida, cabendo a esses órgãos no que lhes couberem, definir essas condições em cada local solicitado.

Para a perfuração de poço tubular destinado à captação de água subterrânea, deverá ser exigida a inscrição da empresa no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Pernambuco - CREA/PE.

A implantação ou ampliação de distritos industriais e projetos de irrigação, colonização, urbanização e abastecimento comunitárias, bem como outras captações de elevados volumes de águas subterrâneas, assim definidas pela CPRH e pelo órgão gestor, deverão ser precedidas de estudo hidrogeológico para avaliação das disponibilidades hídricas e do não comprometimento da qualidade da água do aquífero a ser explorado.

Os estudos hidrogeológicos e projetos de captação de água subterrânea deverão ser executados por profissionais, empresas ou instituições legalmente habilitados perante o CREA/PE, e submetidos à aprovação do órgão gestor dos recursos hídricos e da CPRH.

Concluída a obra de captação de água subterrânea, o responsável técnico deverá apresentar relatório pormenorizado, contendo os elementos necessários à exploração

da água subterrânea, conforme modelo específico a ser fornecido pelo órgão gestor, de forma a possibilitar a expedição da competente “Licença de Exploração”.

As condições de exploração de água subterrânea em cada captação serão estabelecidas pelo órgão gestor, e este órgão obriga ao interessado a instalar e manter um hidrômetro na tubulação de saída do poço, para a fiscalização dessa exploração.

#### 13.1.3 - Da Gestão das Águas Subterrâneas e do Cadastramento Dos Poços

A Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, através da Diretoria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, deverá desempenhar, como órgão gestor, dentre outras as seguintes atividades fundamentais:

- avaliar as potencialidades e disponibilidades de águas subterrâneas, bem como planejar o seu aproveitamento racional;
- Implantar uma “base de dados” com cadastramento de todas as obras de captação de águas subterrâneas no Estado de Pernambuco, mantendo-o permanentemente atualizado;
- conceder outorga para uso das águas subterrâneas;
- fiscalizar as obras de captação;
- monitorar a exploração e controle dos recursos hídricos subterrâneos.

O órgão gestor cadastrará as captações, formando a “Base de Dados de Águas Subterrâneas”, abrangendo os poços em operação e aqueles abandonados.

Todo aquele que perfurar poço no Estado de Pernambuco, deverá cadastrá-lo na forma prevista em regulamento, apresentar as informações técnicas exigidas e permitir o acesso da fiscalização ao local do mesmo.

Para as captações de água subterrânea já existentes as mesmas deverão ser cadastradas no prazo de 180 (cento e oitenta) dias contados da publicação desta lei, e as novas captações em até 30 (trinta) dias após a conclusão das obras.

Os dados hidrogeológicos tais como relatório, fichas de poços, análises químicas e outras, constantes da “Base de Dados de Águas Subterrâneas”, serão de utilidade pública, podendo qualquer interessado ter acesso aos mesmos, através de cessão onerosa a ser normatizada pelo órgão gestor.

#### 13.1.4 - Da Fiscalização e das Sansões

Fica assegurado aos agentes credenciados, encarregados de fiscalizar a extração das águas subterrâneas, o livre acesso aos locais em que estiverem situadas as

captações e onde forem executados serviços ou obras que, de alguma forma, possam afetar os aquíferos. No exercício das suas funções, os agentes credenciados, através de direção do órgão gestor e da CPRH poderão requisitar força policial, para garantir a fiscalização dessas obras ou serviços.

Aos agentes credenciados, além de outras funções que lhes forem designadas pelo órgão gestor e pela CPRH, cabem:

- efetuar vistorias, levantamentos, avaliações e verificar a documentação pertinente;
- colher amostras e efetuar medições;
- verificar a ocorrência de infrações e expedir os respectivos autos;
- intimar, por escrito, os responsáveis pelas fontes poluidoras, ou potencialmente poluidoras, ou por ações indesejáveis sobre as águas subterrâneas, a prestarem esclarecimento em local oficial e em data previamente estabelecidos;
- aplicar as sanções previstas em Lei.

A captação de água para fins de distribuição através de caminhões ou carros-pipa, e com natureza comercial, somente poderá ser feita em poços previamente autorizados pelo órgão gestor mediante outorga específica e após teste de potabilidade realizado por instituição credenciada.

O descumprimento das disposições contidas nesta lei e nos regulamentos ou normas dela decorrentes, sujeitará o infrator às seguintes penalidades, aplicáveis pela CPRH e/ou órgão gestor, no que lhe competem, sem prejuízo das ações penais cabíveis.

- advertência por escrito;
- multa;
- intervenção administrativa temporária;
- interdição;
- revogação da outorga do direito de uso;
- declaração da caducidade dessa outorga;
- embargo ou demolição;
- obstrução do poço.

As sanções previstas nos incisos de intervenção administrativa temporária e interdição e poderão ser aplicadas sem prejuízo da aplicação de multa.

As infrações serão classificadas, a critério da autoridade aplicadora, em leves, graves e gravíssimas, levando-se em conta:

- a maior ou menor gravidade;
- as circunstâncias atenuantes e agravantes;
- os antecedentes do infrator.

As multas terão os seus valores estabelecidos em regulamento ou decreto, variáveis conforme o grau de infração. Em caso de reincidência, a multa poderá ser aplicada pelo valor correspondente ao dobro da anteriormente imposta. Nos casos de irregularidade não sanados nos prazos estabelecidos para sua correção, poderá ser aplicada multa diária, que será devida até que o infrator faça cessar a irregularidade.

A intervenção administrativa temporária e a interdição, poderão ser efetuadas quando houver perigo iminente à saúde pública e na ocorrência de infração continuada, implicando, quando for o caso, na revogação ou na suspensão das licenças de execução e de exploração, e deverão cessar quando removidas as causas determinantes das mesmas.

A caducidade da outorga poderá ser declarada pelo poder concedente na ocorrência de qualquer das seguintes infrações:

- alteração não autorizada dos projetos aprovados para as obras e instalações;
- não aproveitamento das águas, acarretando prejuízo a terceiros;
- utilização das águas para fins diversos aos da outorga;
- reincidência na extração da água em volume superior ao outorgado;
- descumprimento das disposições do ato de outorga ou das cláusulas legais aplicáveis;
- descumprimento das normas de proteção ao meio ambiente.

O embargo e a demolição poderão ser efetuados no caso de obras e construções executadas sem a necessária outorga, ou em desacordo com a outorga expedida, quando sua permanência ou manutenção contrariar as disposições desta Lei ou das normas dela decorrentes.

A obstrução do poço através de cimentação será obrigatória sempre que haja riscos de contaminação, por poluição ou por salinização, do aquífero explorável.

Os programas permanentes de preservação e conservação das águas subterrâneas contarão com recursos financeiros do Fundo Estadual de Recursos Hídricos, sem prejuízo de outras dotações orçamentárias do Poder Executivo. Deverão ser desenvolvidos estudos hidrogeológicos através dos órgãos competentes, no sentido de definir a disponibilidade explorável dos aquíferos no Estado Pernambuco, bem como as condições de sua exploração.

A concessão de outorga do uso da água pelo órgão gestor ficará condicionada à existência de estudos hidrogeológicos, sem prejuízo, todavia, da concessão das licenças de execução e exploração.

Vale ressaltar que se excluem da disciplina desta lei as águas minerais, que são regidas por legislação própria.

### 13.2 - A RESOLUÇÃO 01/2010 DE 31 DE MARÇO DE 2010

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco aprovou no dia 31 de março de 2010 uma Resolução sobre a obrigatoriedade de realização de manutenção preventiva de poços tubulares com elaboração e apresentação de relatório técnico por formulário padrão.

A Resolução sobre manutenção de poços tubulares tomou por base alguns preceitos legais e técnicos tais como, as conclusões e recomendações dos Estudos HIDROREC I e II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes; a necessidade de se padronizar os serviços de manutenção de poços e dos respectivos relatórios técnicos a fim de análise dos processos de Licenciamentos e de Outorga; a necessidade de uma manutenção preventiva do sistema de captação poço-equipamento de bombeamento; a necessidade de se preservar os recursos hídricos subterrâneos do Estado de Pernambuco.

O objetivo da Resolução é a realização de serviços de manutenção preventiva no sistema de captação poço-equipamento de bombeamento, no mínimo uma vez ao ano e por ocasião do requerimento da Outorga ou da Licença de Operação – LO (renovação ou inicial) até 90 (noventa) dias antes de seu vencimento ou do protocolo de entrada (no caso da LO requerida após o prazo estabelecido na Licença de Instalação – LI).

Visa também aprovar e fazer cumprir o Formulário Padrão de Manutenção de Poços como forma de apresentação de Relatório Técnico que se destina a normatizar as informações necessárias ao monitoramento dos aquíferos e controle dos poços.

Os serviços exigidos de manutenção em poços tubulares compreendem serviços básicos e serviços complementares.

Os primeiros são obrigatórios e compreendem as atividades de: limpeza, desinfecção, desincrustação, bombeamento expedito de vazão (tempo mínimo de três horas), e execução de análises físico-química e bacteriológica ao final dos serviços de manutenção (conforme estabelecidas por legislação específica vigente).

Os segundos compreendem as atividades de perfilagem óptica, teste de bombeamento do tipo “Produção” (apresentação em relatório específico – Resolução CRH no 001/09 ou superior), e a substituição de peças, sendo obrigatórios apenas quando necessários ou exigidos pelo órgão gestor,

O Relatório Técnico terá que ser entregue em Formulário Padrão de Manutenção de Poços assinado pelo(s) responsável(is), devendo ser entregue em meios impresso e digital ao órgão licenciador, juntamente com os Formulários Padronizados do Licenciamento Ambiental (Licença de Operação) e Outorga do Uso da Água,

Relatórios Técnicos das Análises Físico-Química e Bacteriológica, e outros documentos que dependem das condições que envolvam cada processo requerido.

Deverá ser anexada ao Relatório Técnico a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART devidamente preenchida em nome do profissional legalmente habilitado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura, Agronomia de Pernambuco – CREA-PE para conduzir os trabalhos (Geólogo ou Engenheiro de Minas), com comprovante de recolhimento da correspondente ART junto ao CREA-PE.

A partir dessa Resolução, exigiu-se um maior aperfeiçoamento por parte das empresas e profissionais do setor, melhorando assim a qualidade dos serviços realizados e sua apresentação junto ao órgão gestor do Estado, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH.

### 13.3 - A RESOLUÇÃO 01/ 2009 DE 25 DE MARÇO DE 2009

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado Pernambuco aprovou em 25 de março de 2009 a Resolução nº 01/2009, acerca da realização de testes de bombeamento de poços no Estado de Pernambuco. Seu objetivo foi aprovar e fazer cumprir o Regulamento Técnico nº 001/2008, que dispõe sobre as "Especificações Técnicas para a realização de Testes de Bombeamento e elaboração de Relatório Técnico". Segundo essa Resolução, as Outorgas de direito de uso da água estão sujeitas à realização de Testes de Produção (Escalonado ou Sucessivo) e de Aquífero, com a apresentação de Relatórios Técnicos e às restrições de exploração do aquífero impostas por estudos hidrogeológicos regionais, além dos outros documentos exigidos.

A Resolução sobre testes de bombeamento tomou por base alguns preceitos legais e técnicos tais como a deliberação do plenário da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco; as conclusões e recomendações dos Estudos HIDROREC I e II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda e Camaragibe; a necessidade de determinação da vazão a ser outorgada pelo Órgão Gestor para a exploração de água subterrânea através de poços tubulares no Estado de Pernambuco; a necessidade de se preservar os recursos hídricos subterrâneos do Estado de Pernambuco.

A Resolução possui dois anexos: um Regulamento Técnico, com as especificações técnicas para a realização de testes de bombeamento e elaboração de relatório técnico, e o relatório técnico de testes de bombeamento.

O Teste de Aquífero se faz necessário apenas para os poços perfurados em meio intersticial/granular. Poderá ser dispensado a critério do órgão gestor de recursos

hídricos na renovação da outorga, desde que os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero captado já tenham sido determinados quando da emissão da outorga inicial.

Em poço que já tenha sido realizado o teste de produção, quando da renovação da outorga ou da licença, será realizado apenas um teste de vazão de curta duração (mínimo de 2 h), a fim de se comparar com os dados originais

Para viabilizar a ação da fiscalização, o requerente de Outorga de Direito de Uso da Água, inclusive quando em renovação, deverá informar com antecedência mínima de 10 (dez) dias ao Órgão Gestor a data e a hora que serão realizados os Testes de Produção e de Aquífero. Os serviços deverão ser executados, por profissional competente, legalmente habilitado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura, Agronomia de Pernambuco – CREA-PE, devendo recolher e anexar a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do Responsável Técnico (Geólogo ou Engenheiro de Minas), através de cópia do comprovante de recolhimento da correspondente ART.

O não atendimento ao disposto na Resolução, implicará no indeferimento do processo, estando a análise do mesmo condicionada à apresentação dos Relatórios dos Testes de Bombeamentos.

A partir dessa Resolução, exigiu-se um maior aperfeiçoamento por parte das empresas e profissionais do setor, melhorando assim a qualidade dos serviços realizados e sua apresentação junto ao órgão gestor do Estado, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH.

#### 13.4 - A RESOLUÇÃO 10/2009 DE 03 DE DEZEMBRO DE 2009

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco aprovou no dia 03 de dezembro de 2009 uma Resolução sobre realização de análises físico-químicas e bacteriológicas em água subterrânea,

A Resolução sobre análises físico-químicas e bacteriológicas tomou por base alguns preceitos legais e técnicos tais como a Lei nº 9.433/1997 (art.11) e a Lei Estadual nº 12.984/2005 (art.3º) que definem como objetivo da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos; as conclusões e recomendações dos Estudos HIDROREC I e II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes; as atribuições da SRH e da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH, no controle e proteção dos aquíferos; o que dispõe a Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (RDC/ANVISA) nº 274/2005 que estabelece os parâmetros químicos que representam risco à saúde a analisar em águas a serem usadas para água mineral natural, água natural, água adicionada de

sais e gelo; o que dispõe a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos a analisar em águas a serem usadas para consumo humano; a necessidade de se preservar os recursos hídricos subterrâneos do Estado de Pernambuco.

O objetivo da Resolução é estabelecer que as análises físico-químicas e bacteriológicas de amostras de água dos recursos hídricos subterrâneos, sejam realizadas por laboratório especializado em análise de água, sendo posteriormente encaminhadas aos órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental e outorga de direito de uso dos recursos hídrico. Define ainda o conjunto de parâmetros mínimos de qualidade de água que devem constar nos resultados das análises de amostras de água de mananciais, de acordo com o usuário a que se destina, subdividindo-os em três grupos, a saber:

- Grupo A, representado pelos usuários individuais de edifícios ou casas residenciais ou comerciais além daqueles destinados à irrigação;
- Grupo B, representado por usuários coletivos como hotéis, hospitais, escolas, indústrias alimentícias, restaurantes e clubes recreativos;
- Grupo C, representado por empresas públicas ou privadas de distribuição de água para abastecimento público, por empresas que comercializam água potável e adicionada de sais e as que produzem gelo a partir de água de poço.

Para coleta e realização das análises exigidas pela Resolução deverão ser cumpridos os seguintes procedimentos:

- O requerente deverá explicitar a(s) finalidade(s) de uso da água ao laboratório que procederá a análise (físico-química e/ou bacteriológica), que deverá (ão), também, ser referida(s) no corpo do laudo emitido;
- A coleta da água deverá ser procedida exclusivamente por um técnico do laboratório que realizará a análise devendo registrar no ato o tipo de odor da água e se ocorre tratamento prévio da água do poço, fazendo constar as informações no laudo, quando for o caso;
- A amostra da água deverá ser retirada da tubulação de saída do poço, antes da entrada no reservatório, após um tempo mínimo de 15 minutos de bombeamento;
- Quando se tratar de surgência (fonte), a amostra da água deverá ser coletada na tubulação de entrada na caixa de acumulação;
- A coleta e armazenamento da água para transporte até o laboratório deverão seguir as normas específicas para cada tipo de análise;
- Os laudos das análises deverão ser assinados por técnicos responsáveis – químicos ou engenheiros-químicos para análise físico-química e biólogos, químicos ou

engenheiros químicos para análise bacteriológica - constando o respectivo registro profissional assim como a metodologia utilizada e o local da coleta da água.

O prazo de validade para a análise físico-química será de um ano enquanto para a análise bacteriológica esse prazo será de 06 (seis) meses para qualquer usuário exceto para empresas de transporte e comercialização da água para as quais o prazo será de 03 (três) meses, independente dos prazos prescritos.

O usuário é obrigado a executar as análises físico-químicas e bacteriológicas após os serviços de manutenção preventiva do poço, com um mínimo de 03 (três) horas e máximo de 15 (quinze) dias, devendo anexar seus resultados no relatório de manutenção específico. Caso haja necessidade, devidamente justificada, o Órgão Gestor ou Ambiental poderá exigir novos elementos, análises complementares ou para outras finalidades de uso distintas às citadas no artigo 2º, tendo por base os parâmetros previstos na Portaria no 518/2004 e legislação em vigor.

A partir dessa Resolução, exigiu-se um maior aperfeiçoamento por parte das empresas e profissionais do setor, melhorando assim a qualidade dos laudos das análises físico químicas e bacteriológicas dos serviços realizados e sua apresentação junto ao órgão gestor do Estado, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH.

### 13.5 - A RESOLUÇÃO CRH Nº 01, DE 02 DE ABRIL DE 2001

O CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, considerando a superexploração das águas subterrâneas que vem ocorrendo na Região Metropolitana do Recife – RMR, especialmente nas Zonas “A” e “B”, delimitadas e descritas na Resolução CRH nº 04/2000.

Resolveu estabelecer que os novos poços tubulares profundos, destinados à comercialização d’água e ao abastecimento público e situados nas Bacias Sedimentares Costeiras de Pernambuco, deverão guardar uma distância mínima de 500 (quinhentos) metros dos poços regularizados já existentes e destinados aos mesmos fins, ou que estejam com processo de regularização tramitando nos órgãos competentes, exceto nos bairros do Jordão, Jardim Jordão, Ibura e Prazeres onde o limite será de 300 m<sup>3</sup>/dia.

Proibir a perfuração de poços tubulares profundos que explorem água do Aquífero Cabo, para quaisquer finalidades, na Zona “A” a que se refere a Resolução CRH nº 04/2000, exceto nas seguintes situações:

- quando se tratar de empresa de construção civil que tenha assumido compromisso público de perfuração de poços, para uso exclusivo do empreendimento, o que deverá ser comprovado no ato do protocolo do requerimento de outorga,

mediante a juntada de cópia autenticada do Memorial Descritivo do Empreendimento, devidamente arquivado no respectivo Cartório de Registro Imobiliário, com data anterior à vigência da Portaria SRH nº 25/00, publicada em 08.06.00;

– quando se tratar de substituição de poço inutilizado, desde que a desativação deste seja realizada dentro dos critérios técnicos estabelecidos pela CPRH;

– quando se tratar de empreendimento com relevante potencial de geração de tributos e empregos diretos, mediante autorização expressa, em cada caso, da Secretaria de Recursos Hídricos, que analisará exposição de motivos, devidamente fundamentada pelo interessado. O atendimento das hipóteses aqui previstas, estará condicionado à manifestação expressa da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, que faça referência à impossibilidade da mesma em atender a demanda necessária ao empreendimento;

Mesmo autorizada à perfuração do poço tubular profundo, nas hipóteses descritas, não poderá a vazão outorgada exceder a 30 m<sup>3</sup>/dia para cada poço, só podendo cada empreendimento contar com a perfuração de uma obra hídrica, e não poderão ter profundidade superior a 50 metros.

Proibir a perfuração de poços tubulares profundos, para fins de comercialização d' água, na Zona "B" e nos bairros de Piedade, Setúbal, Imbiribeira, Ipsep, do mapa referido na Resolução CRH nº 04/200.

No ato da renovação, os Termos de Outorga já emitidos serão revistos, considerando-se as restrições de vazão estabelecidas na presente Resolução.

## 14 - A RECARGA DE AQUÍFEROS ATRAVÉS DE POÇOS DE INJEÇÃO, COMO UMA TÉCNICA PARA MITIGAR OS PROBLEMAS DE SUPER-EXPLOTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA RMR

### 14.1 - A SITUAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE EM RELAÇÃO À SUPER-EXPLOTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.

O grave problema da super-exploração dos aquíferos da RMR vêm preocupando a comunidade técnico-científica, órgãos gestores e população desde muito. O risco da intrusão marinha e a salinização de alguns poços ocorrida na década de 70 incentivaram a realização de diversas pesquisas (Costa, 2006).

Na década de 70 foram realizados estudos por uma equipe coordenada pelo Prof. Emílio Custódio (Barcelona, Espanha), e em seguida na década de 80 por uma equipe da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) em parceria com pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco.

O Estudo mais recente acerca do assunto foi o HIDROREC II, que constatou um rebaixamento generalizado dos níveis d'água nos aquíferos Cabo e Beberibe, e um rebaixamento variando entre 28 e 40m para toda a região. Através do estudo do balanço hídrico de entrada e saída nos aquíferos da planície do Recife observou-se que apenas o aquífero Boa Viagem apresentou um superávit, enquanto os outros apresentaram um déficit.

Constatou-se também que os aquíferos Cabo e Beberibe nas planícies de Recife e Jaboatão dos Guararapes não estavam sendo alimentados por recarga natural, apenas por drenança vertical oriunda do aquífero Boa Viagem. A dominância preponderante do tipo de água em relação à composição iônica era a cloretada sódica, que no Aquífero Cabo chegava a 40% , 33% no aquífero Beberibe, 48% no aquífero Boa Viagem, 87% no aquífero Barreiras e 47% no Aquífero fissural. Já no aquífero Itamaracá as águas ali encontradas estão classificadas como bicarbonatads cálcicas.

Em 2005 apenas em Recife, estimava-se a existência de cerca de 14.000 poços, desses 1/3 eram profundos, número bem superior quando da conclusão do estudo em 1997. Após as estiagens de 1998 e 1999 houve uma intensificação nos bombeamentos dos poços. Os reservatórios superficiais operados pela COMPESA chegaram a níveis críticos, ocorrendo assim um racionamento, que em alguns bairros o fornecimento de água intercalava um dia com e nove sem abastecimento

Apesar da Lei Estadual 11.427/97, da Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas no Estado de Pernambuco, e do Decreto 20423 de março de 1998, de regulamentação da referida Lei, que previa o controle das perfurações de poços com o

intuito de preservar e conservar as águas subterrâneas no tocante à quantidade e qualidade, houve certo relaxamento quanto ao controle de novas perfurações, devido a pouca oferta de água e a pressão da população.

Na época, em relação ao aquífero Cabo, a área que mais oferecia uma maior vulnerabilidade à salinização eram os bairros de Boa Viagem e Pina. Muitos poços desses bairros já estavam sendo abandonados por apresentarem elevados teores de sais aumentados assim os riscos de salinização por contaminação vertical, devido a esses poços servirem de conduto com o aquífero sobreposto (Boa Viagem), que se apresentava mais salinizado devido às influências de antigos mangues. A diminuição do nível potenciométrico do aquífero inferior também pode incrementar a drenança vertical a partir do aquífero superior, pelo incremento no gradiente hidráulico

Costa *et al.* (2002), apresentaram um zoneamento explotável dos aquíferos baseado na profundidade do nível das águas subterrâneas e a condição de exploração na época desenvolvida, para a região compreendida pelos municípios de Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes e Camaragibe. Confeccionaram um mapa de zoneamento explotável (figura 14.1) indicando as zonas (A, B, C, D, E e F), com a descrição do aquífero explotável, situação de profundidade dos níveis d'água na época e condicionantes de exploração.

A zona mais crítica era a localizada na zona costeira a sul de Boa Viagem (zona A) (tabela 14.1). O aquífero explotado era o Cabo, onde os níveis da água subterrânea se encontravam a profundidades variáveis entre 60 e 110m Costa *et al.*, (2002), recomendou que nenhum poço deveria ser perfurado nesse aquífero, e os poços que já existissem deveriam ter sua vazão reduzida em 50%, devendo ser executado um monitoramento contínuo nos mesmos.

Devido aos grandes rebaixamentos ocorridos a época em função do aumento do número de poços, principalmente durante a estiagem ocorrida no período de 1998 e 1999, os níveis potenciométricos no aquífero Cabo teriam sofrido uma grande redução, variando o gradiente hidráulico no sentido oeste para leste de 1 para 30m/Km (Monteiro *et al.*, 2001).

Costa *et al.* (2002), confeccionaram um mapa (figura 14.2), onde se comparava à época os níveis estáticos dos aquíferos Beberibe e Cabo nos períodos de 1988/92 e 1998/2002

Devido à presença de camadas sedimentares de baixa permeabilidade que compõem a parte inferior do aquífero Boa Viagem, grande parte do aquífero Cabo se encontra semiconfinado. Na zona A, a recarga natural não consegue repor o volume explotado, causando assim um déficit hídrico, resultando na diminuição dos níveis potenciométricos do aquífero na região.

Por consequência de se tratar de uma zona crítica em termos de evolução do rebaixamento da potencimétrica, níveis de exploração e restrições impostas pelo zoneamento, a zona A foi escolhida para uma investigação no projeto de pesquisa proposto, tanto para instalação de projeto piloto de recarga artificial como para fins de modelagem matemática.

A Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH elaborou um programa de estudo que inicialmente tinha por objetivo a análise do comportamento qualitativo das águas dos aquíferos em exploração na área de interesse, compatibilizando os resultados anteriores e complementando as informações com determinações de condutividade elétrica *in situ* e através de análises físico-químicas laboratoriais.

Concluído esses estudos, escolheram-se os poços onde seriam instalados os sensores telemétricos para medição da condutividade elétrica da água e da variação da superfície potenciométrica do aquífero, as chamadas estações telemétricas. Na figura 14.3 observa-se os locais de instalações dessas estações realizadas pela CPRH (Costa *et al.*, 2002).

Segundo Monteiro (2000), mesmo que os níveis de exploração da planície do Recife tivessem se mantido desde o ano de 2000, os níveis potenciométricos se estabilizariam apenas em 2010; caso se tivesse dobrado a retirada diária do bairro de Boa viagem até o ano 2010, a partir do ano 2000 teria havido uma exaustão no aquífero Cabo nos Bairros de Pina, Boa Viagem e parte de Piedade em Jaboatão dos Guararapes.

Cabral *et al.* (2002a, 2002b), apresentam uma análise preliminar da possibilidade de subsidência em região costeira submetida à excessiva exploração de água subterrânea, e apresenta a montagem de um estudo do caso na planície do Recife.

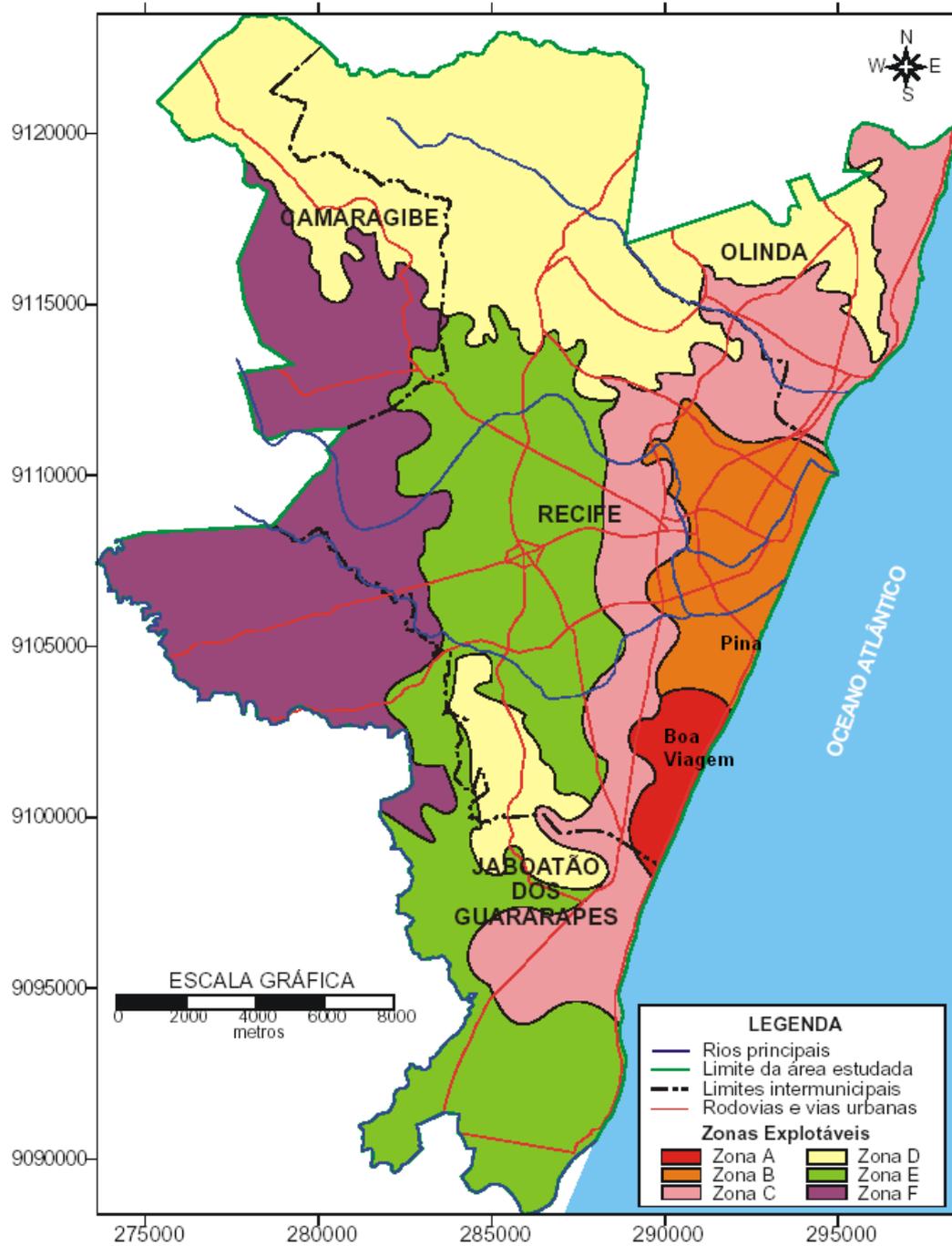


Figura 14.1 – Mapa do zoneamento explotável da Região Metropolitana do Recife (Costa *et al.*, 2002).

Tabela 14.1– Características da Zona A (Costa *et al.*, 2002).

<b>ZONA A</b>	
Localização	Zona costeira a sul de Boa Viagem (Figura )
Aquífero explotado	Cabo
Situação atual de profundidade	Os níveis da água subterrânea no aquífero Cabo encontram-se a profundidades variáveis entre 60 e 110m
Condicionantes de exploração	Nenhum novo poço deve ser perfurado nesse aquífero; os poços atualmente existentes deverão ter sua vazão reduzida em 50% e um monitoramento contínuo deverá ser exercido.

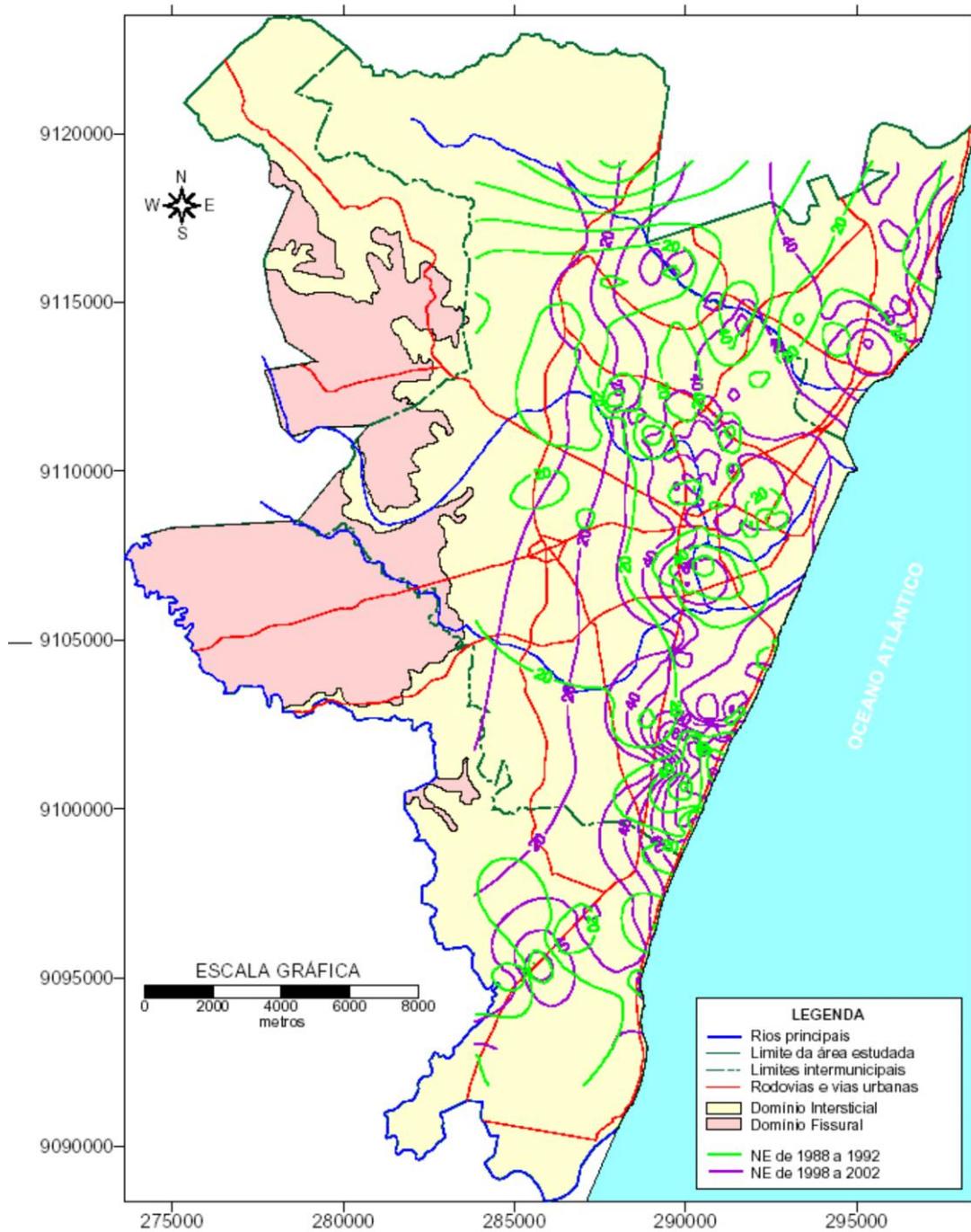


Figura 14.2 - Comparação entre os mapas de nível estático (NE) dos aquíferos Beberibe e Cabo nos períodos de 1988/92 e 1998/2002 (Costa *et al.*, 2002).

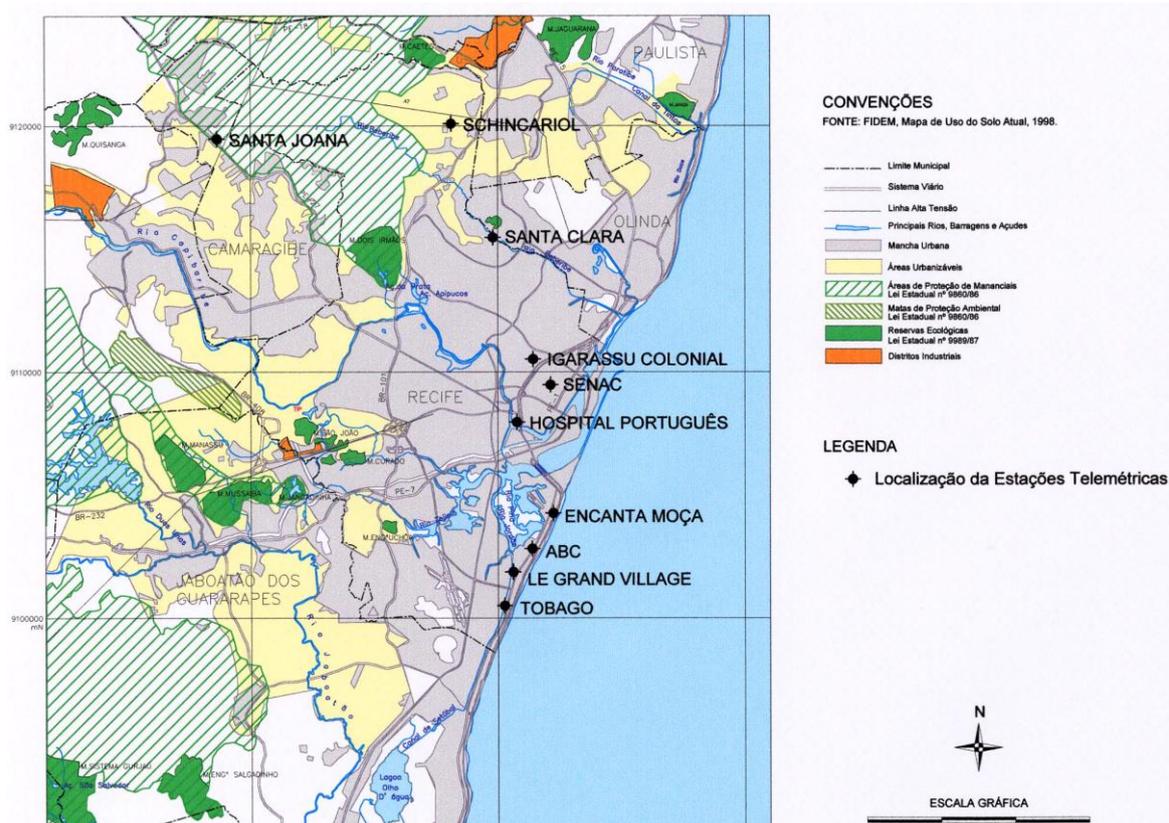


Figura 14.3 – Mapa com as estações telemétricas instaladas pela CPRH (Costa *et al.*, 2002).

Uma provável forma de recuperação do aquífero nas atuais condições de exploração seria a prática de recarga artificial, que permitiria a elevação dos níveis potenciométricos, assunto o qual será tratado a seguir.

## 14.2. RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFERO

A recarga de aquíferos pode incluir outras formas, além de recarga artificial, quais sejam: a recarga natural, a recarga facilitada, a recarga induzida e a recarga acidental (Diamantino, 2005).

A recarga natural difere da artificial, pois naquela a água é introduzida no subsolo sem a intervenção do homem sendo uma variável do ciclo hidrológico (Costa, 2006).

Oliveira *et al.* (2007), realizaram estudo avaliando o efeito de mudanças climáticas na recarga de aquíferos. A análise identificou uma possível redução na recarga natural de até 45% devido a mudanças no padrão de precipitação.

No ciclo hidrológico, a água da precipitação pode cair diretamente na superfície terrestre e infiltrar-se. A água que se infiltra no solo fica sujeita à evaporação, pode ser absorvida pelas plantas sendo posteriormente evapotranspirada, ou pode escoar em profundidade em direção à zona saturada sub-superficial, esta última é a água de recarga. A recarga de águas subterrâneas define-se como a quantidade de água que é acrescida à zona saturada de água subterrânea. Esta recarga vai provocar o aumento do armazenamento de água da zona saturada.

A resposta de um aquífero a uma mudança na taxa de recarga traduz-se por um aumento ou diminuição no gradiente hidráulico através de uma mudança dos níveis piezométricos, o que por sua vez se traduz numa alteração do armazenamento subterrâneo (NNC, 2002). A recarga natural do aquífero varia normalmente em resposta aos efeitos climáticos sazonais e de longo prazo.

A recarga artificial é a introdução de água pelo homem com a finalidade precípua de aumentar o volume de água armazenada no aquífero. Pode ser realizado de duas maneiras distintas; por infiltração de água no solo e por injeção de água através de poços, que poderão ser rasos com injeção de água na zona vadosa; bem como em poços profundos com injeção de água na zona saturada do aquífero (figura 14.4)

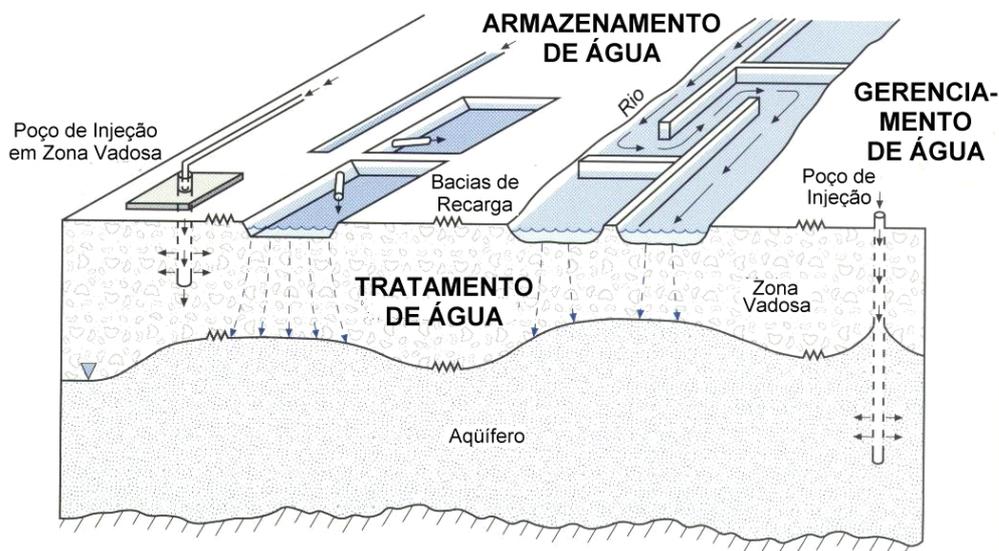


Figura 14.4 – Modalidades de recarga artificial (FONTE: SRP, Arizona/EUA)

Objetivos gerais da recarga artificial (Costa, 2006):

- Restaurar um aquífero excessivamente explorado, talvez prolongando sua vida útil até que se disponha de outro modo de abastecimento;
- Manter os recursos e regularizá-los, especialmente em face das estiagens;
- Armazenar água local importada;
- Armazenar água no aquífero durante a estação chuvosa para usá-la no período seco;
- Evitar alagamentos pelas águas de chuva armazenando os excessos escoados;
- Diminuir o efeito da elevada evaporação em climas áridos, pela injeção de águas superficiais no subsolo protegido da radiação solar;
- Depurar a água que se recarrega por permanência prolongada no aquífero;
- Combater a intrusão salina e a contaminação criando barreiras hidráulicas apropriadas;
- Utilizar o aquífero como condutor de distribuição de novas águas, quando já existe uma rede apropriada de poços;
- Evacuar certas águas residuais, principalmente água de refrigeração;
- Diluir as águas residuais no aquífero e ajudar a manter um apropriado balanço de sais, principalmente em zonas agrícolas;
- Reduzir a subsidência por excesso de bombeamento (não restitui os níveis iniciais, somente os detêm ou freia);
- misturar as águas de diferentes qualidades;
- Manutenção do sistema de distribuição e abastecimento;
- Melhoria ambiental de rios de baixa vazão e recursos hídricos sensíveis;
- Armazenar água saneada para reuso;
- Dentre outros.

Os fatores que afetam a recarga artificial são a hidrogeologia a, topografia e fluxo do rio, a obstrução ou colmatação dos solos devido à acumulação de sólidos em suspensão na água, a profundidade da água, o nível da água subterrânea, a qualidade química física e biológica da água de recarga.

O sistema SAT ( do inglês Soil Aquifer Treatment) - Tratamento Solo-Aquífero. É utilizado como uma metodologia para melhoria da qualidade da água de baixa qualidade que é injetada no aquífero e captada a seguir.

Em seu movimento pelo subsolo, desde o momento da infiltração, os contaminantes sofrem uma série de processos que atuam como autodepurador, podendo provocar uma diluição, uma retardação na chegada à zona saturada ou mesmo uma eliminação, como é mostrado na figura 14.5.

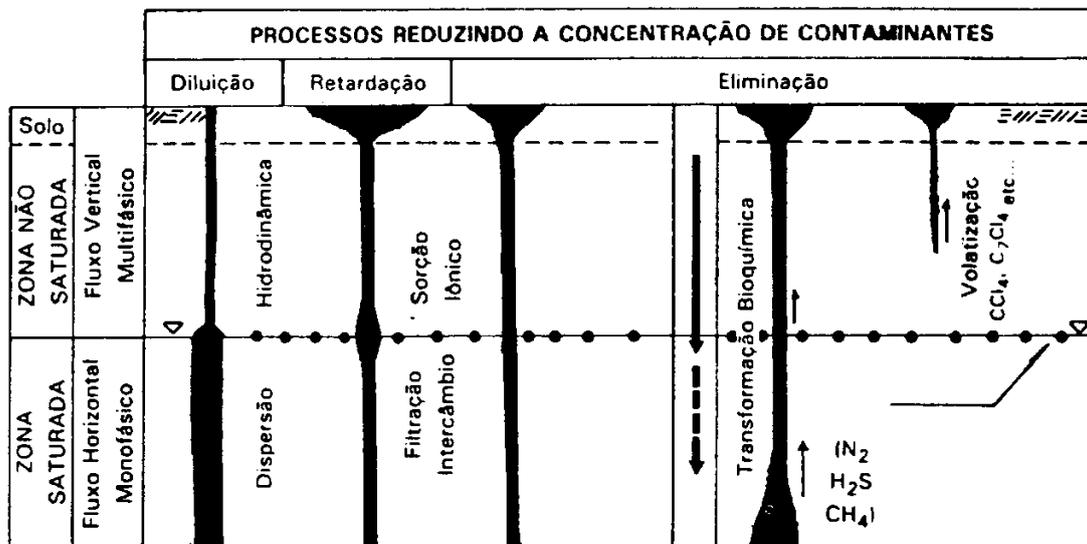


Figura 14.5 – Sistema SAT de auto-tratamento da água subterrânea

A maior parte do tratamento realiza-se na parte superior da zona vadosa, onde os solos são mais finos que no aquífero, o fluxo é insaturado, e variam de aeróbico para anaeróbico. Os contaminantes em seu processo de movimento através da infiltração no subsolo sofrem uma série de processos que atuam como autodepurador, podendo provocar uma diluição, uma retardação na chegada a zona saturada ou mesmo a eliminação. Portanto, a recarga de água subterrânea pode ser usada como um importante passo no tratamento para uso da água de refugo.

Os sistemas para recarga artificial de água subterrânea ou sistema SAT para tratamento de efluentes de esgoto ou água de baixa qualidade, deve ser talhado para cada localidade hidrogeológica, quantidade ou volume de água infiltrada, e clima da região (Costa, 2006).

Algumas vezes, a diluição dentro da água subterrânea nativa é continuada até deixar o uso potável da água recuperada, sem tratamento posterior. O regulamento da Califórnia (EUA), por exemplo, requer que água do poço do sistema SAT usando efluente de esgoto, consista de não mais que 20% de água derivada do esgoto e pelo menos 80% da água subterrânea nativa (Hultquist, *et al.*, 1999).

#### 14.2.1. Recarga Através de Poços Profundos

A recarga de água subterrânea onde os solos superficiais não são permeáveis, nas zonas vadasas contendo camadas restritivas ou com indesejáveis resíduos químicos naturais ou antrópicos que possam ser lixiviados, em aquíferos de água com má qualidade, e em aquíferos confinados, a recarga artificial deverá ser realizada através de poços de recarga.

Essas captações são construídas de forma semelhante aos poços de bombeamento, ou seja, com revestimento, filtro, pré-filtro, cimentação no espaço anelar da zona não explorada, e placa de concreto na superfície para proteção sanitária.

Devido às velocidades de infiltração ser maiores em torno da perfuração do poço, eles são mais vulneráveis a obstrução do que o sistema de infiltração na superfície. Da mesma forma a sua remediação é mais difícil, pois, nesses pode-se drenar e raspar mecanicamente.

Para se obter vazões de recarga significativas, se deve empregar cargas hidráulicas elevadas, pois, nos poços a superfície filtrante varia de poucos m<sup>2</sup> até algumas dezenas de m<sup>2</sup>. É conveniente se adotar uma vazão de injeção menor do que a de bombeamento, muito embora possam ser iguais. Esse procedimento é aconselhável para se evitar a colmatação dos filtros.

Apesar da recarga de água subterrânea através de poços de recarga ser mais dispendiosa do que, por exemplo, os sistemas de infiltração de superfície, aquele oferece a oportunidade de um armazenamento sazonal ou mais longo da água para absorver diferenças entre o suprimento e a demanda (Costa, 2006). Também o poço de recarga oferece uma vantagem em relação a SAT, que é o tratamento antes da injeção, fazendo com que o reuso do efluente da água de esgoto seja mais viável especialmente para reuso potável.

No ano de 2000 o geólogo Waldir Duarte Costa apresentou uma proposta ao então Secretário de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, visando estudos hidrogeológicos com a finalidade de se implantar recarga artificial através de poços injetores nos aquíferos Beberibe e Cabo, na Planície do Recife, tendo em vista possíveis riscos de uma subsidência decorrente da super-exploração que vinha sendo processada naqueles aquíferos.

A utilização de um sistema de poços injetores na área em questão, além de elevar a potenciometria do aquífero local, faria com que o avanço da cunha salina fosse barrado, com uma conseqüente melhoria da qualidade química das águas

contaminadas por drenança vertical. Esta intervenção poderia também ser útil caso a subsidência do aquífero Cabo realmente viesse a ocorrer.

O autor da proposta apresentou um esquema primário (figura 14.6) no qual a água seria captada em locais distantes da influência da cunha salina através dos rios Capibaribe e Beberibe. Após tratamento químico adequado, seria injetada em poços que constituiriam uma frente paralela à costa, servindo tanto para recarga, como para impedir uma futura ingressão da cunha salina (figura 14.7).

Apesar do interesse demonstrado pelo então secretário, infelizmente a ideia não foi compartilhada pelos órgãos financiadores, devido ao parecer contrário emitido por técnicos da Agência Nacional de Águas.

## SISTEMA ESQUEMÁTICO DA RECARGA ARTIFICIAL DOS AQÜÍFEROS DA PLANÍCIE DO RECIFE

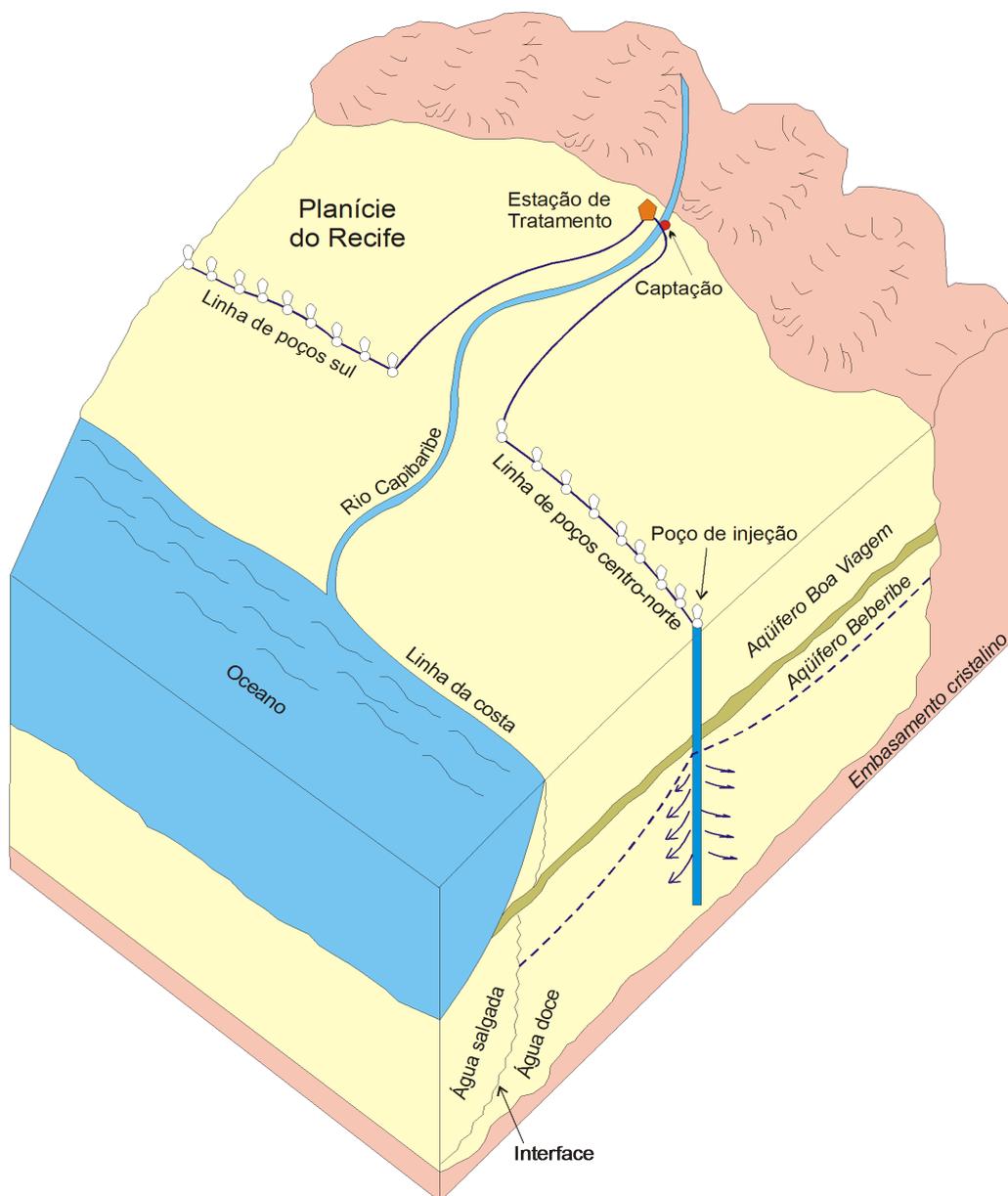


Figura 14.6 – Esquema proposto por Costa para recarga artificial dos aquíferos da região do Recife. Fonte: Costa (2006).

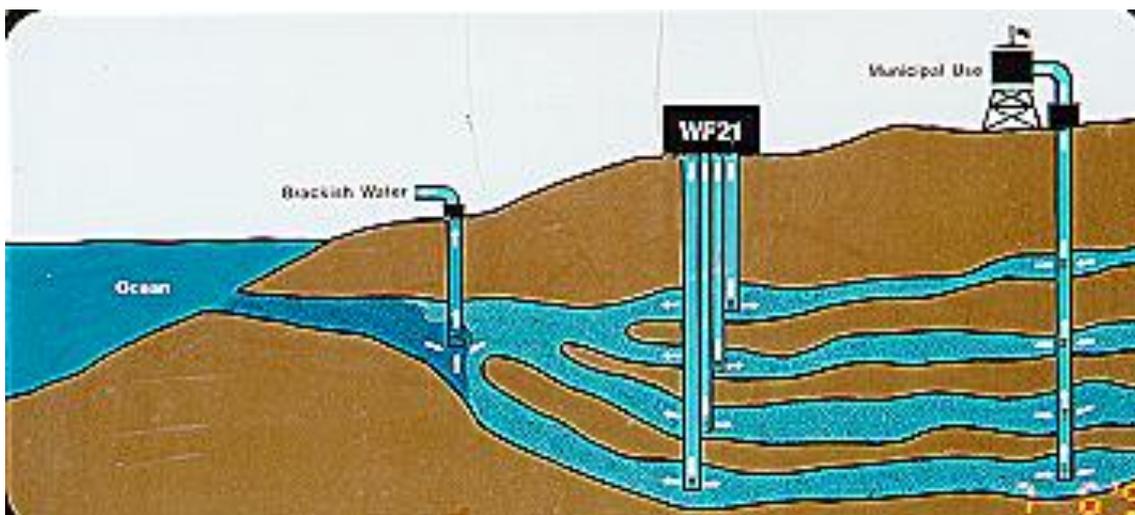


FIGURA 14.7: Sistema de barreira hidráulica para “empurrar” a cunha salina de volta ao oceano, na cidade de Los Angeles. O aquífero multicamadas (em azul) recebe poços multiníveis (ao centro) que injetam água tratada. No poço à esquerda a água bombeada é salina enquanto à direita o poço bombeia água de boa qualidade. [Foto do autor, tirada de um esquema sobre o funcionamento da recarga artificial em Los Angeles] ( fonte: Costa, 2006).

A seleção do processo de recarga deve levar em conta vários aspectos, como os objetivos da recarga, a hidrogeologia local, o terreno disponível para a instalação do sistema de recarga, a qualidade da água, a quantidade da água, se a água de recarga será utilizada depois, etc).

As considerações sobre o volume de água coletado e a taxa de água que deva ser injetada, ou o volume no caso em que haja reaproveitamento das águas de injeção, irão indicar o volume de recarga a ser realizado. Caso a hidrogeologia e o terreno disponível forem indicados e favoráveis, os métodos de recarga superficial geralmente possuem o melhor custo-benefício, caso o objetivo seja apenas a recarga da camada aquífera em terrenos muito acidentados, ou com declives acentuados, os métodos de recarga subsuperficiais, são os mais indicados, como por exemplo, os poços de injeção. Se o objetivo do processo de recarga for a disposição das águas das chuvas, o método a ser utilizado terá necessariamente de possuir uma taxa de infiltração capaz de conduzir o volume demandado pelas precipitações. Caso o objetivo seja a melhoria das águas subterrâneas, o método escolhido deverá se concentrar nas áreas mais críticas. Para a criação de uma barreira hidráulica a fim de reter o avanço de uma cunha salina ou uma pluma de contaminação, o sistema escolhido terá que ser capaz de executar a recarga de maneira mais uniforme possível, possuindo uma distribuição que intercepte a cunha ou a pluma, um bom exemplo seria a construção de uma linha

de poços. Para utilizar-se o aquífero como um reservatório de água para posterior uso, o método escolhido deverá permitir que um maior volume de água possível estivesse próximo ao ponto de bombeamento.

O monitoramento das condições hidráulicas antes, durante e depois da implantação de um projeto de recarga artificial é de suma importância para o seu êxito. Deverá promover-se informações necessárias para uma futura melhoria da capacidade de previsão do modelo e ajuste das restrições de otimização.

O programa de monitoramento de recarga artificial geralmente tem dois aspectos (Asano, 1985): observar a modificação na qualidade de água e a variação do nível d'água, no caso de um aquífero livre, ou da potenciometria, no caso de um aquífero confinado.

Geralmente, a implantação de um projeto de recarga requer um projeto piloto como o apresentado por Prinzhorn *et al.*(1999) para evitar a subsidência no Arizona (EUA), que foi de suma importância para a implantação do sistema de poços de injeção como barreira contra a intrusão salina em Los Angeles, EUA (Hutchinson *et al.*, 1999).

No projeto piloto inicialmente são realizados estudos visando obter a resposta do aquífero, a determinação do sistema de recarga para posterior implantação do projeto definitivo.

Indubitavelmente um processo de recarga é único, devido às particularidades de cada situação. Um projeto de recarga artificial não pode ser aplicado a um determinado sítio sem antes serem analisados as várias condições que são impostas ao projeto (Costa, 2006).

### 14.3 - EXECUÇÃO DE UM PROJETO DE RECARGA

Independentemente do método a ser utilizado em um projeto de recarga artificial, é imprescindível o conhecimento das características físicas e hidráulicas do terreno que serão determinantes nas condições de infiltração da água. Como já citado anteriormente, é imperioso desenvolver e trabalhar antes com um projeto piloto, a fim de se testar o sistema não correndo riscos de insucessos.

Os projetos são geralmente desenvolvidos em quatro etapas (Costa,2006).

- Etapa I - Workshops e estudos especializados da viabilidade do local; para determinar a necessidade, o local e o êxito provável de um projeto de recarga.

- Etapa II - Tentativa de demonstração em escala natural; verificação local do êxito em potencial do plano de recarga através de exames detalhados do local e testes de recarga em escala natural.

- Etapa III - Transferência para o status operacional e expansão do projeto; implementado quando o êxito de uma instalação piloto for comprovado. As perfurações ou bacias piloto são convertidas ao uso operacional total e, se necessário, as instalações são expandidas num campo de poços ou bacias de múltipla infiltração para aumentar a capacidade de recarga.

- Etapa IV – Operação e manutenção; operação e manutenção continuadas do plano de recarga do aquífero.

- Listagem de benefícios e custos associados com projetos de recarga (Costa, 2006).

a) Possíveis benefícios

- Aumento da flexibilidade e controle sobre o tempo de disponibilidade de água, inclusive reduzindo a dependência da água padrão sazonal;

- Expansão das possibilidades de manejo pela existência de fontes de água superficial e subterrânea;

- Capacidade para armazenar água que de outro modo não seriam usadas, tais como os escoamentos torrenciais e efluentes;

- Reduzidos custos de recalque e bombeamento por bombas captando o aquífero recarregado, diminuindo a energia;

- Reduzida subsidência a área afetada pela aprofundamento da superfície hidrostática;

- Reduzida intrusão salina (regiões costeiras);

- Qualidade da água: a infiltração pode remover sólidos suspensos, bactérias e outros poluentes;

- Possibilidade de administrar o controle da inundação expandida;

- Estender a vida útil do aquífero;

- Efeitos indiretos sobre custos de produção e níveis de rendimento na água usada para indústrias e agricultura;

- Valor de novas técnicas e informações econômicas provenientes de projetos recarga/recuperação.

b) possíveis custos

- Obtenção da água para recarga (legislação, demandas judiciais e custos de transporte);

- Custos de oportunidade da água, que valores seriam acrescidos à água estando ausente de um projeto de recarga? ;

- Obtenção da terra para instalação da recarga, custos da compra bem como custos da oportunidade;

- Modificações de atividades sobre a terra de cobertura do aquífero, necessárias para a proteção da qualidade da água subterrânea;

- Tratamento da qualidade da água necessária antes da injeção;
- Estruturas e equipamentos para recarga e recuperação;
- Custos de energia associados com a recarga, recuperação e transporte;
- Custos para iniciar o projeto: estudos de exequibilidade, permissões licenciamentos, avaliação de impacto (EIA, RIMA);
- Capacidade de rebaixamento do aquífero para absorver águas de inundação;
- Operação e manutenção de equipamentos de recarga;
- Controle de pragas em torno de bacias de acumulação;
- Segurança dos equipamentos de recarga.

Quanto ao planejamento do projeto de recarga, deverá se levar em conta a localização do sítio de recarga, a capacidade de instalação da recarga/recuperação, o tempo de operação de recarga/recuperação, a origem da água de recarga, a seleção e priorização de objetivos do projeto e por fim a política de preços.

O implemento de um projeto de recarga artificial da concepção ao término, dura em média 3 a 5 anos. Deverão se desenvolvidos por etapas começando com objetivos claros e terminando com expansão por etapas de instalação de recarga comprovada.

A recarga artificial de aquíferos dependerá da autorização da Secretaria de Meio Ambiente/ Diretoria de Recursos Hídricos, condicionada à realização de estudos que comprovem a sua conveniência técnica, econômica e sanitária, bem como a necessidade de preservação da qualidade das águas subterrâneas (art. 72º. do Decreto 20.423/98).

A recarga artificial torna a água infiltrada, subterrânea, sujeitando-se às disposições da Lei 11.427 e do Decreto 20.423/98 (§ 1º art. 72 do Decreto 20.423/98).

A recarga artificial poderá ser exigida pela Secretaria de Meio Ambiente/Diretoria de Recursos Hídricos dos concessionários ou autorizados sempre que necessária (§ 2 art. 72º do Decreto 20.423/98).

O Estado incentivará a realização de recarga artificial por entidades privadas, pessoas físicas ou jurídicas, através de redução de taxas de serviço público de saneamento a ser regulamentada (§ 3º art. 72 do Decreto 20.243/98)

#### 14.4 - PROJETO PILOTO DE RECARGA ARTIFICIAL REALIZADO NA PLANÍCIE DO RECIFE

Esse projeto foi elaborado e desenvolvido pelo Grupo de Desenvolvimento Hídrico – GRH – do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, sob a coordenação da professora Suzana Montenegro. A pesquisa contou como elemento fundamental para o conhecimento do problema, com o estudo

hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes – HIDROREC II – desenvolvido pela Costa Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda, para a Secretaria de recursos hídricos de Estado de Pernambuco no ano de 2002, sob a coordenação do geólogo Waldir Duarte Costa.

A referida pesquisa também foi subsidiada pelo trabalho desenvolvido pela mesma empresa para a Agência de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco – CPRH – em convênio com o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM - do Ministério das Minas e Energia, no qual foram estudados os locais e instalados os sensores telemétricos para monitoramento do aquífero, um dos quais ficou localizado no poço piloto onde foi desenvolvido o projeto de recarga.

O estudo constou de diversas etapas: seleção do local do experimento, montagem de um sistema de recarga artificial, elaboração de um programa de ensaios e a realização de ajuste de modelo matemático e simulações de cenários de recarga buscando prever a resposta do aquífero no sítio para as diversas situações de recarga.

O experimento de recarga localizou-se hidrogeomorfologicamente na Planície do Recife, mais precisamente no Bairro de Boa viagem, em Recife, Pernambuco. aproximadamente entre as coordenadas UTM 290628 a 290703 mE e 9101827 a 9101896 MN, meridiano 33º, na denominada Zona A já descrita anteriormente.

Os aquíferos presentes neste sítio são o Boa Viagem, superior e o inferior o Aquífero Cabo. Estão separados por uma camada composta de materiais argilosos, com pouca permeabilidade, constituindo uma camada impermeável, fazendo com que a comunicação entre os dois aquíferos seja muito lenta.

Detectou-se na área um número excessivo de poços em operação como também alguns desativados devido ao excessivo rebaixamento potenciométrico.

O estudo do Hidrorec II mostrou que nas imediações do sítio estudado existe uma forte depressão da superfície piezométrica no sentido noroeste-sudeste, com indicações de estar fechada no continente, sendo esta a maior faixa de depressão detectada (figura 14.8).

No período entre novembro de 2003 e maio de 2004 foram realizados ensaios de recarga com o objetivo de se verificar a variação dos níveis potenciométricos do aquífero e assim estimar os parâmetros hidrogeológicos do sítio, através da análise do comportamento hidrodinâmico do mesmo à recarga artificial.

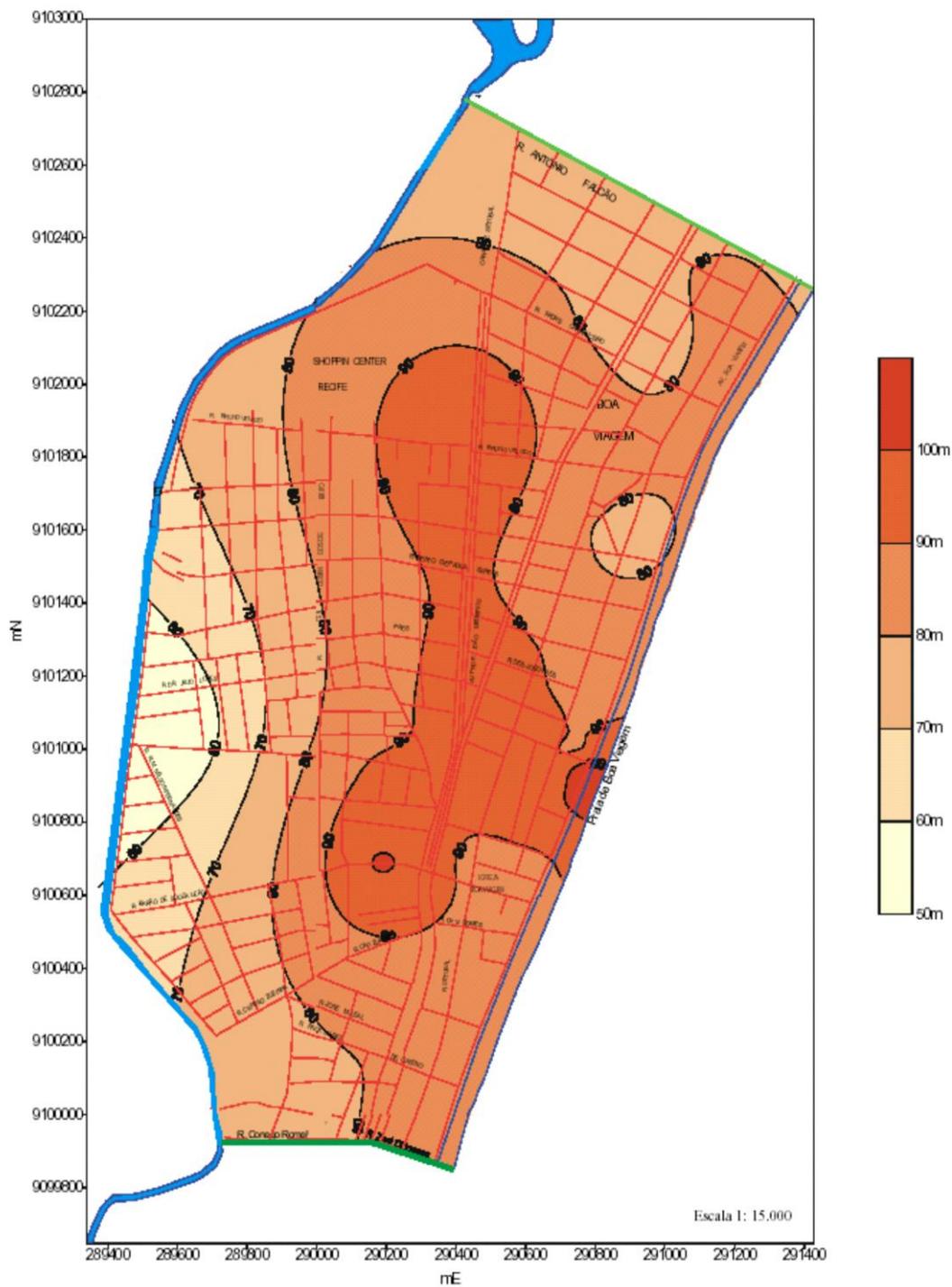


figura 14.8 - Ampliação do mapa potenciométrico do aquífero Cabo na Zona "A" de Boa Viagem (Costa *et al.*, 2002)

#### 14.4.1 - Montagem do Experimento de Recarga

Para a montagem do projeto de recarga levou-se em conta a hidrogeologia local, a captação de água de chuva e o controle da qualidade da mesma, como também às características do uso do solo no local. O objetivo principal foi a recarga artificial através de água coletada da chuva.

Na região o aquífero se apresenta semiconfinado a uma profundidade de aproximadamente 70m. Optou-se então pelo método de recarga artificial subterrâneo, através de poços de injeção que utilizaria as águas pluviais coletadas por um sistema de captação que permitisse controlar a procedência da mesma, o volume a ser armazenado e o controle de sua qualidade, de modo que a água injetada interferisse o menos possível no uso do solo.

Os elementos que compõem o projeto de recarga foram instalados no poço do desativado do condomínio Le Grand Village, localizado na rua Francisco da Cunha, nº 1910, em Boa Viagem, Recife-PE.

Foram selecionados poços que possuísem dados de perfis litológicos e construtivo, a fim de se obter mais informações acerca da geologia local, como também poços de condomínio vizinhos para monitoramento dos níveis.

O poço injetor passou por dois processos de desenvolvimento: o primeiro antes de iniciar-se os ensaios, e o segundo durante a instalação da estação telemétrica pela CPRH.

O piezômetro ficou localizado a 4,6m de distância do poço injetor, instalado para medir a elevação do nível d'água nas proximidades do poço injetor.

Além do poço de injeção e do piezômetro, outros poços foram selecionados, com o objetivo de monitorar os efeitos da recarga em áreas próximas ao primeiro. Esses poços se localizavam nos edifícios Centro Park localizado a 24m, e no edifício Chambord localizado a 81m.

Utilizaram-se também poços rasos do condomínio Le Grand Village para monitoramento do nível estático do aquífero Boa Viagem.

A área de captação das águas pluviais é formada pela área do telhado e a área de livre circulação externa do edifício, perfazendo um total de 2.270 m<sup>2</sup>. Essas águas são captadas por um sistema de tubulações independentes das tubulações do condomínio. Para se evitar que águas contaminadas de uma determinada área comprometam a qualidade da água do reservatório, as tubulações que captam as águas provenientes do telhado e do pátio são independentes.

Antes de serem recolhidas ao reservatório, as águas captadas passam por um sistema de filtragem, que tem a função de reter todo o material granular carregado pela chuva, além de folhas e outros detritos.

A forma do filtro permite que apenas 5% da água captada se perca levando consigo os detritos, além desta filtragem inicial, a água passa por uma tela constituída de aço inox.

Acoplado a este sistema existe um sistema de controle de captação das águas pluviais que permita a seleção da procedência das águas através de registros, depois disso a água é direcionada para um reservatório enterrado com capacidade de 100 m<sup>3</sup>. Este sistema também permita a saída das águas diretamente para a rua, no caso do reservatório ficar cheio.

Se faz necessário além da filtragem das águas de chuvas, um acompanhamento da qualidade dessas águas e das águas do reservatório através de análises físico químicas, pois a água de recarga deve ser quimicamente compatível com o aquífero e com a água presente no solo, a fim de se evitar reações químicas que possam reduzir a porosidade efetiva e a capacidade de recarga, como por exemplo, reações que causam precipitação.

Agentes biológicos como algas ou bactérias podem estar presente na água de recarga. O crescimento de algas ou bactérias durante a recarga pode causar entupimento da superfície de infiltração e iniciar a produção de gases que futuramente influirão negativamente no resultado da recarga (Asano, 1985).

Outro problema são gases dissolvidos que podem alterar o pH do líquido ou ficar fora da solução, formando assim bolhas de ar que consomem espaço e diminuem a permeabilidade do aquífero. (Costa, 2006). Um pré-tratamento deverá também ser realizado para retirar substâncias tóxicas que estejam presentes na água de recarga em teores superiores ao permitido pela saúde pública.

#### 14.4.2 - Sistema Injetor

É formado por um conjunto de vários elementos, onde o principal é a bomba injetora, que é acionada no momento em que a boia no reservatório atinge um determinado nível, iniciando assim a recarga.

Esse sistema além da boia instalada no reservatório possui um sensor de nível instalado no poço injetor que desliga a bomba quando o nível da água no poço chega a cota do terreno. A fim de permitir uma maior taxa de recarga possível para o ensaio a vazão da bomba injetora é regulada manualmente.

Com o objetivo de se estimar inicialmente a taxa de recarga aplicável, realizou-se um ensaio de recarga com carga variável. O seu valor mínimo foi de aproximadamente 500 l/h, aumentando com a carga hidráulica. É importante que se conheça a taxa de infiltração para que se possa ajustar o sistema de recarga para uma vazão ótima, a fim de se obter melhores respostas de recarga durante os ensaios, e assim permitir que estudos de recarga ao longo prazo sejam realizados, evitando assim a necessidade de um novo ajuste da vazão do sistema.

Utilizou-se uma vazão intermitente para os ensaios de recarga, devido à dificuldade de se manter constante a mesma. Verificou-se durante os ensaios que o valor da taxa de recarga pode atingir um valor superior a este, isto dependendo do nível estático inicial. Como a carga hidráulica e, subsequentemente, a vazão de recarga depende da coluna d'água aplicada no poço injetor, um nível estático mais baixo representa a possibilidade de aplicação de uma maior carga hidráulica, e desta forma, uma maior vazão de recarga.

Pela importância dos seus dados em razão da distância do poço injetor, no poço piezômetro foi instalado um medidor de nível automático, que registra a variação dos níveis e os dados que posteriormente possam ser descarregados. Nos outros poços instalaram-se medidores de nível manuais.

Os níveis estáticos medidos no sítio antes do início dos ensaios mostraram que havia uma grande diferença entre os níveis dos poços monitorados, principalmente quando comparados os dados do piezômetro com os de outros poços. A diferença de profundidade entre o poço injetor e o piezômetro era de aproximadamente 18,27m, com uma distância horizontal entre os mesmos de 4,6m.

Não ficou claro o porquê dessa diferença de nível entre dois poços tão próximos. Supõe-se que se deva a hidrogeologia local, já que o aquífero Cabo na área em estudo possui diversas intercalações de camadas argilosas que interferem no fluxo da região.

#### 14.4.3 - Observações obtidas a partir dos ensaios

Os resultados obtidos com os ensaios de campo em experimento piloto mostraram claramente que a recarga artificial através de poços de injeção no sítio estudado produziu resultado que sugere a sua viabilidade. A partir dos ensaios de campo foi possível determinar parâmetros essenciais para análise de ensaios de recarga, como a permeabilidade do Aquífero Cabo, bem como se observar a resposta do aquífero à recarga.

Apesar da complexa hidrogeologia local, observando-se os gráficos de monitoramento de níveis, percebe-se que as respostas à recarga nos poços monitorados são semelhantes, mostrando que a variação piezométrica depende fundamentalmente da distância do ponto de injeção ao de monitoramento, do tempo de injeção, da vazão, e esta por sua vez pode ser influenciada pelo comprimento do filtro.

Os níveis estáticos influenciam sobremaneira na determinação de uma taxa de infiltração média já que a taxa é diretamente ligada à carga hidráulica que aumentam à medida que os níveis estáticos diminuem. A taxa de recarga aplicada foi de 2,07 m<sup>3</sup>/h.

A tabela 14.2 apresenta um resumo dos resultados obtidos a partir dos ensaios de campo.

Tabela 14.2 - Resumo dos resultados obtidos a partir dos ensaios de campo

Fonte: Costa, 2006.

ENSAIO	Período de injeção (min)	Volume Injetado (m <sup>3</sup> )	Vazão média de recarga (m <sup>3</sup> /h)	Vazão máxima de recarga estimada (m <sup>3</sup> /h)
05/11/2003	62	2,701	2,270	2,490
07/11/2003	221	3,527	0,957	1,128
10/11/2003	124	3,174	1,536	2,202
28/08/2003	150	7,045	2,445	2,445

#### 14.4.4 - Instalação da Estação Telemétrica

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH - instalou no poço injetor uma estação telemétrica de medição remota de níveis de água e condutividade elétrica das águas, a fim de medir a variação piezométrica e da concentração de sais (Costa *et al.*, 2003), durante a instalação da mesma foi realizado um novo desenvolvimento no poço.

O desenvolvimento se fez necessário para produzir a limpeza das incrustações que por ventura tivessem obstruindo os filtros, a retirada dos finos, e se possível diminuir a diferença entre os níveis da água deste e do piezômetro, mesmo assim a diferença entre os mesmos se encontrava em torno de 5m.

Durante o período de instalação da estação observou-se que, quando ocorriam bombeamentos no poço do edifício Cenrtal Park (poço de monitoramento), os níveis no poço injetor caíam o que não acontecia no poço piezômetro.

Ao se comparar esse fato com os dados obtidos na perfilagem geofísica, realizada na instalação do piezômetro, e com os dados litológicos do poço injetor, se chegou à conclusão que talvez uma camada argilosa situada entre as cotas 114 e 116 m , pudesse ser a causa da diferença entre os níveis medidos entre esses dois poços.

Os poços injetores e do edifício Central Park atravessam essa Canadá, já o piezômetro termina justamente no início da camada argilosa (114 m), a diferença entre os níveis poderia acontecer devido a uma diferença de velocidade do fluxo nas camadas superior e inferior a esta lente argilosa, que ocorreria, por exemplo, se a permeabilidade do arenito inferior à camada argilosa fosse maior que a do superior.

O que explicaria a diferença entre os níveis medidos entre esses dois poços seria as velocidades de fluxo maiores no poço injetor do que no piezômetro o que faria as pressões naquele caírem sensivelmente. Ressalta-se ainda que o poço do edifício Chambord (poço de monitoramento), que possui níveis mais próximos dos medidos no piezômetro tem profundidade de 112 m, enquanto a profundidade do injetor e do poço do edifício Cental Park são respectivamente 118 e 120 m, o que indica que a complexa hidrogeologia local poderia ser a diferença de nível entre os dois poços monitorados.

Apesar de redesenvolvimento do poço injetor não ocorreram mudanças significativas na diferença entre os níveis dos poços injetores e piezômetro, sugerindo assim que a diferença entre os níveis dos poços monitorados não se trataria de problemas construtivos, mas devido principalmente a efeitos da hidrogeologia local, bombeamento em poços de prédios vizinhos dentre outros, que afetam de forma preponderante na velocidade e na direção do fluxo subterrâneo.

A importância de uma instalação de uma estação telemétrica num projeto de recarga se deve ao fato que ela torna possível o monitoramento da elevação dos níveis durante longos períodos de recarga.

## 15 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia utilizada permitiu definir a vulnerabilidade dos aquíferos Beberibe e Cabo, os prováveis riscos à sua contaminação, bem como enquadrar suas águas de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA.

Quanto ao aquífero Beberibe concluiu-se:

- 1- A vulnerabilidade extrema é caracterizada nas áreas de afloramentos da Formação Beberibe, como também em algumas partes das aluviões dos rios Paratibe, Barro Branco e Beberibe. Engloba cerca de 5% da área norte da RMR;
- 2- A vulnerabilidade alta é caracterizada quando da ocorrência das aluviões do rio Paratibe quando recobrem a Formação Beberibe. Engloba cerca de 5% da área norte da RMR;
- 3- A vulnerabilidade moderada é caracterizada quando da ocorrência da aluvião dos rios Tejió quando corta a planície do Recife, englobando cerca de 5% da área norte da RM;
- 4- A vulnerabilidade baixa é caracterizada pela ocorrência da Formação Itamaracá sobreposta à Formação Beberibe. Se faz presente também quando da ocorrência das aluviões dos rios Beberibe, Botafogo, Utinga e Morno, bem como em parte da aluvião do rio Barro Branco. Engloba cerca de 25% da área norte da RMR;
- 5- A vulnerabilidade desprezível engloba grande parte da área norte da RMR, perfazendo cerca de 60% da mesma. Caracteriza-se pela ausência da Formação Beberibe, ou quando esta se encontra subjacente às Formações Barreiras, Gramame e Maria Farinha, bem como quando da ocorrência do embasamento cristalino, ou os sedimentos arenosos e areno-argilosos de elevada permeabilidade que estão sobre o mesmo. Observa-se também nas áreas constituídas pelo terraço marinho pleistocênicos, sedimentos de mangue, sedimentos fluvio-lagunares e parte da aluvião do rio Tejió quando corta a planície do Recife;
- 6- De acordo com a Resolução CONAMA Nº396, as águas do aquífero Beberibe catalogadas, em sua grande maioria, cerca de 84% se enquadram na classe 1, ou seja, se apresentam sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, não exigindo tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais. Algumas amostras

(13%) se enquadram na classe 3. O restante, apenas 3% se enquadraram na classe 4. Apesar terem sido catalogadas algumas amostras provenientes do Aquífero Itamaracá, o número foi insuficiente para o enquadramento.

Quanto à vulnerabilidade do aquífero Cabo concluiu-se:

- 7- A vulnerabilidade extrema é caracterizada nas áreas de afloramento da Formação Cabo, neste caso, comporta-se como um aquífero livre, engloba cerca de 10% da área sul da RMR;
- 8- A vulnerabilidade alta é caracterizada nas áreas onde ocorrem as aluviões dos rios Pirapama e Gurjaú recobrimdo a Formação Cabo, perfazendo um total de cerca de 10% da área sul da RMR;
- 9- A vulnerabilidade moderada é caracterizada pela ocorrência da aluvião do rio Tejipió quando corta a planície do Recife e da aluvião do rio Jaboatão, englobando cerca de 15% da área sul da RMR;
- 10- A vulnerabilidade baixa é caracterizada nas áreas de ocorrência da Formação Algoduais e Barreiras recobrimdo a Formação Cabo, bem como nas áreas de ocorrência do terraço marinho pleistocênico, sedimentos de mangue e sedimentos fluvio-lagunares, perfazendo um total de cerca de 20% da área sul da RMR;
- 11- A vulnerabilidade desprezível é característica das áreas onde não ocorre a Formação Cabo, bem como nas áreas constituídas pela da suíte vulcânica de Ipojuca, embasamento cristalino, terraço marinho holocênicos e pleistocênicos e sedimentos de mangue, neste último caso mais precisamente na parte centro sul da RMR, perfazendo um total de cerca de 45% da área sul da RMR;
- 12- Segundo a Resolução CONAMA Nº396, as águas do Aquífero Cabo em sua grande maioria (80%) podem ser enquadradas na Classe 1, ou seja, se apresentam sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, não exigindo tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais. Algumas amostras (10%) se enquadraram na classe 3. Os restantes 10% se enquadram na classe 4.

De uma forma geral para ambos os aquíferos:

- 13- Originariamente tanto o aquífero Beberibe quanto o aquífero Cabo são bem protegidos. Tanto é assim que em relação ao aquífero Beberibe, na sua maior parte, constatou-se que sua vulnerabilidade natural se enquadrava nas

classes baixa e desprezível, só se apresentado extrema quando da ocorrência em superfície da Formação Beberibe, ou moderada e alta quando encoberto pelas aluviões dos rios. Quanto ao aquífero Cabo, a vulnerabilidade se apresentava extrema quando da ocorrência em superfície da Formação Cabo, moderada e alta nas aluviões dos rios, baixa a desprezível na maior parte da área. No mapa de vulnerabilidade natural com as potenciais cargas contaminantes (anexo IV), nota-se uma grande concentração destas cargas nas zonas urbanas, principalmente na planície do Recife, contudo, o risco à contaminação do aquífero Beberibe (anexo IV), observando a tabela 10.2, que mostra a correlação entre a vulnerabilidade e a carga contaminante dos aquíferos para a definição do risco à contaminação, vão do mínimo na grande parte da área, passando pelo risco moderado quando da ocorrência em superfície da Formação Itamaracá e em grande parte da aluvião do rio Beberibe, com algumas faixas apresentando risco máximo, risco alto em algumas partes da aluvião do rio Paratibe, e risco máximo quando da ocorrência da Formação Beberibe em superfície. Para o aquífero Cabo observando a tabela 10.3, que mostra a correlação entre a vulnerabilidade e a carga contaminante dos aquíferos para a definição do risco à contaminação, o risco vai de alto nas aluviões dos rios, Gurjaú, Pirapama, Jaboatão e parte do Tejiú quando este corta a planície do Recife, máximo nas áreas onde a Formação Cabo ocorre em subsuperfície, com o restante da área apresentando risco mínimo (anexo IV);

- 14- A grande responsável pela contaminação dos aquíferos Beberibe e Cabo, foi e continua sendo a ação antrópica, onde o homem através de suas intervenções, principalmente quando da implantação de obras para a captação das águas subterrâneas, age irresponsavelmente, sem aplicar as normas técnicas necessárias a uma boa execução dos trabalhos. Caso os estudos do Hidrorec I e II não tivessem sido realizados em um passado próximo, certamente a situação desses magníficos corpos hídricos subterrâneos, estariam comprometidos irreversivelmente para o abastecimento humano;
- 15- As áreas de vulnerabilidade extrema e alta, tanto em relação ao aquífero Beberibe, quanto ao aquífero Cabo, não são indicadas para a instalação de empreendimento, tais como indústrias com alto potencial de contaminação, postos de gasolina, cemitérios, loteamentos urbanos sem sistema de tratamento de esgotamento sanitário, e qualquer outra atividade que comprovado através de estudos científicos, possa vir a contaminar o aquífero. Nas áreas onde já existam os empreendimentos acima citados, deverá ser

realizado um controle hidrogeológico ambiental, com medições de níveis de contaminação, instalação de poços de observação e controle hidroquímico.

Quanto a parte sobre a legislação concluiu-se:

- 16- Não existe superposição de leis referentes à gestão das águas, o domínio hídrico está repartido entre a União e os Estados e por analogia ao Distrito Federal. Excluídas as de domínio da União, as águas superficiais estão incluídas entre os bens dos estados, e em sua totalidade as águas subterrâneas. No entanto, aos Municípios não foi atribuído domínio hídrico. Necessário se faz atraí-los, bem como aos órgãos regionais a participarem da gestão dos recursos hídricos;
- 17- Existe uma grande dificuldade no que diz respeito à identificação de como os recursos financeiros são aplicados no setor de recursos hídricos, uma vez que são diluídos para investimentos em áreas afins, como o saneamento e meio ambiente;
- 18- Em termos de recursos hídricos subterrâneos, no Estado de Pernambuco os instrumentos de gestão, tais como a efetiva cobrança pelo uso da água e enquadramento dos corpos de água, não tem sido efetivamente implementados por falta de lei específica;
- 19- No Estado de Pernambuco, apesar do pioneirismo de leis que dispõem sobre a conservação e proteção das águas subterrâneas, não existe uma lei específica que estabeleça áreas de proteção das águas subterrâneas;
- 20- A grande dificuldade para uma aplicação de forma incisiva da legislação ambiental, e mais especificamente à legislação sobre recursos hídricos, diz respeito às limitações e carências inerentes a legislação comum brasileira, ou seja, burocracia falta de fiscalização pelo poder público, lentidão da justiça e excesso de recursos disponíveis aos infratores. No nosso entender, a nossa legislação é boa, o que falta é a sua efetiva aplicação.

## RECOMENDAÇÕES:

- 1- Proteção das áreas de recarga dos aquíferos;
- 2- Implantação de um sistema de informações sobre a quantidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, inclusive sobre demandas atuais e futuras;
- 3- Realização do enquadramento em classes de uso das águas subterrâneas do Estado;
- 4- Realização da cimentação de todo poço da RMR que comprovadamente esteja contaminando irreversivelmente os aquíferos, para isso deverá ser executado um levantamento pelo poder público dessas captações;
- 5- Desativação do poço destinado ao consumo humano, quando for constatado que a água se encontra fora dos padrões de potabilidade;
- 6- Instalação de rede de monitoramento das águas subterrâneas, com monitoramento hidroquímico e o acompanhamento dos níveis potenciométricos, bem como o uso de modelos matemáticos como ferramentas de predição da ocorrência da intrusão marinha;
- 7- Desenvolver pesquisas para investigação da viabilidade técnico-econômica e ambiental da recarga artificial de aquíferos, através de diferentes fontes de água, dentre elas as águas pluviais;
- 8- Realização dentro de um intervalo de máximo 5 em 5 anos, estudos nos moldes do Hidrorec I e II;
- 9- Desenvolvimento de pesquisas para a elaboração de um novo parâmetro para a execução do cálculo da vulnerabilidade natural de aquíferos pelo método GOD, levando-se em consideração as vazões retiradas, adensamento dos poços e a existência de aquíferos multicamadas, pois, no nosso entendimento este método permite uma maior facilidade para a obtenção das informações nele utilizadas, bem como em virtude de seu melhor desempenho e menor custo;
- 10- Expandir as restrições para perfurações de novos poços às zonas C e E, definidas no Mapa de Zoneamento Explotável da RMR, elaborado pelo Geólogo Waldir Duarte Costa;
- 11- Elaboração de uma Lei Estadual que trate do gerenciamento de áreas contaminadas, bem como defina as áreas de proteção das águas subterrâneas, e que trate de forma mais enfática a cobrança pelo uso da água;
- 12- Uma maior fiscalização pelo poder público dos usuários da água sobre o cumprimento das leis vigentes;

13- Para que haja uma efetiva educação ambiental e uma conscientização da sociedade da RMR em relação à gestão ambiental dos aquíferos, necessário se faz:

- a) que os órgãos gestores a nível municipal e estadual urgentemente melhorem os seus quadros de profissionais, para que esses possam repassar seus conhecimentos à todos os cidadãos, pois, é responsabilidade do poder público tomar a iniciativa para a imposição do dever de defesa do meio ambiente; bem como a obrigatoriedade da inclusão nos quadros funcionais municipais e estaduais de no mínimo um profissional capacitado na área de meio ambiente;
- b) capacitação das comunidades e da sociedade como um todo para a participação ativa na defesa do meio ambiente, assim como prevê o art. 2º da lei 6.938/81 em seu inciso X, através de cursos ministrados pelos órgãos gestores ambientais;
- c) introdução de uma disciplina obrigatória que trate da educação ambiental na grade curricular dos ensinos fundamentais e médios, tanto das escolas privadas quanto das públicas;
- d) estimular a população para a conservação e recuperação da vegetação natural das áreas de proteção permanente, reserva legal e outros remanescentes florestais, protegendo desta forma as zonas de recarga dos aquíferos, refletindo positivamente na proteção das águas subterrâneas;
- e) estimular a criação de Conselhos Municipais de Meio Ambiente, dispositivo inserido na Constituição Federal de 1988, a fim de se estabelecer o debate sobre a questão ambiental, contribuindo assim para as políticas locais de meio ambiente;

Acreditamos que caso se adote os preceitos discutidos e recomendados anteriormente, a participação do Poder Público e da sociedade como um todo comprometido na proteção ao meio ambiente, e mais notadamente envolvendo a preservação dos recursos hídricos, estará garantida, viabilizando assim a continuidade das futuras gerações.

## 17. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASANO, T., 1985. Artificial Recharge of Groundwater. Butterworth Publishers, Califórnia, 767 p.
- ACSELRAD, Henri . Ecologia Direito do Cidadão. Rio de Janeiro: Gráfica JB, 1993, p. 8
- ALBUQUERQUE, J.P.T., 1970. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – Fl. 16 –Recife, PE.
- AMARAL, A. J. R. & MENOR, E. A. & 1979. O comportamento mineralógico da sedimentação fosfática na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. IX Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal, Boletim (7): 271-282.
- BATISTA, R. P., 1984. Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife – PE. Dissertação de Mestrado, UFPE, Pernambuco.
- BARBOSA, J.A., SOUZA, E.M., LIMA FILHO, M.F. & NEUMANN, V.H. 2003. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. Estudos Geológicos, Recife, 13: 89-108.
- BARBOSA, J. A. & SOUZA, E. M. 2003. Estratigrafia de Sequências: Uma Aplicação ao Conhecimento Estratigráfico da Bacia da Paraíba. 1º Congresso de P& D e 3º Reunião de Avaliação do PRH / ANP / MCT, UFPE, nov, p. 100-108.
- BARBOSA, J.A. 2004. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Dissertação de Mestrado, 230p.
- BEURLIN, K., 1967a. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Geol. São Paulo. 16(1): 43-53.
- BEURLIN, K., 1967b. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Geol. São Paulo. 16(1): 73-79.

BRANCO, S.M. (1984)- Poluição: a morte dos nossos rios. 2ªEd. São Paulo, ASCETESB, 166p.

BRANCO, S.M. (1991)- Hidrologia Ambiental. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de recursos Hídricos (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3).

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1997). Resolução CONAMA nº. 237 de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta a matéria relacionada às licenças ambientais

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). Resolução CONAMA nº. 357 de 13 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 18 de março de 2005

BRASIL, Conselho Nacional de Recursos Hídricos (2008). Resolução CNRH nº. 91, de 05 de novembro de 2008. Estabelece procedimentos gerais para o enquadramento de corpos de águas superficiais e subterrâneas. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 06 de fevereiro de 2009.

BRASIL, Conselho Nacional de Recursos Hídricos (2008). Resolução CNRH nº. 92, de 05 de novembro de 2011. Define critérios e procedimentos gerais para a proteção e conservação das águas subterrâneas. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 04 de fevereiro de 2009.

BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente- (2008). Resolução CONAMA nº. 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 07 de abril de 2008.

BRASIL,(1934). Decreto Federal nº 24643, Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 de janeiro de 1934.

BRASIL, (1998). Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 de fevereiro de 1998.

BRASIL, (1997). Lei nº 9433, de 1977. Dispõe sobre a regulamentação e o gerenciamento dos recursos hídricos, e a criação da Agência Nacional de Águas.

BRASIL, (1885). Lei nº 7374, de 1885. Dispõe sobre a Ação Civil Pública.

BRASIL, (2000). Lei nº 9985, de 2005. Dispõe Sobre as Unidades de Conservação.

BRASIL, (1989). Lei nº 7797, de 1989. Dispõe sobre a criação do Fundo Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1986). Resolução CONAMA nº. 20, 1986. Dispõe sobre o instrumento do enquadramento com base nas classes de qualidade das águas superficiais.

BRASIL. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. 11ª ed. Editora Saraiva, São Paulo, 168p.

BRASIL (1941), Decreto – Lei Nº 3914, de 09 de dezembro de 1941. Dispõe sobre a criação do Código Penal Brasileiro.

BRASIL (1934), Decreto Nº 24643 de 1934. Dispõe sobre o Código das Águas.

BUCCI, E.M., 2000. Remediação de Áreas Contaminadas por Vazamentos de Tanques de Combustíveis em Postos de Serviços. Dissertação de Mestrado, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 152p.

CATALDO, Paulo César. Parecer nº P-022/82 de 25/09/82. Diário Oficial da União. 23/09/82.

CANTER. L.W.; KNOX, R.C., and FAIRCHILD, D.M. - Ground Water Quality Protection. Lewis Publishers, Inc.Chelsea, Michigan - USA, 1 v., 562 p. Third Printing, 1988.

- CABRAL, J. J. S. P., SANTOS, S. M., COSTA, L. M., GUIMARÃES, L. DO N., PONTES FILHO, I. D. S., 2002a. Possibilidade de Ocorrência de Subsidência devido a Superexploração de Aquíferos. In: 3º Workshop sobre a Utilização de Água Subterrânea no Semiárido Brasileiro /1º Encontro Nordestino de Perfuradores de Poço, Recife.
- CABRAL, J. J. S. P., SANTOS, S. M., COSTA, L. M., GUIMARÃES, L. DO N., PONTES FILHO, I. D. S., 2002b. Simulação Numérica da Possibilidade de Ocorrência de Subsidência devido a Superexploração de água Subterrânea. In: VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió.
- CLEARY, R.W. & CLEARY, T.C.B.F., (1988) - Aplicações de Microcomputadores em Hidrologia e Poluição de Água Subterrânea. Anais do 5º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo. ABAS, p.216-225
- COMPESA/ACQUA-PLAN, 1982. Plano Diretor de Recursos Hídricos – Região Metropolitana do Recife, Vol. III – Recursos Hídricos Subterrâneos. Recife-PE.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 1999. Manual de Áreas Contaminadas. Projeto de Cooperação CETESB-GTZ. CETESB, São Paulo
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2001a. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Projeto de Cooperação CETESB – GTZ. CETESB, São Paulo. 389p.
- CORREIA, E. R. C., 2006. Caracterização da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Boa Viagem no Município do Recife - Método God. Dissertação de Mestrado, UFPE, 2006.
- COSTA, W.D., REBOUÇAS, A. DA C. & COUTINHO, P. DA N. – 1968 Reconhecimento Geológico e Hidrogeológico da Recife e Municípios Adjacentes – Anexo do Planejamento do Sistema D'água da Área Metropolitana do Recife – DSE/S
- COSTA, W.D., SANTOS, A.C., COSTA FILHO, W.D., 1994. O Controle Estrutural na Formação dos Aquíferos a Planície do Recife,. In: 8º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, ABAS. 38-43.

- COSTA, W., MANOEL FILHO, J., SANTOS A. C., BRITO, A. M., SOUZA, F. J., LOPES, A. V. & SANTOS, A. J., 1998. Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife. UFPE/FADE, IDRC. 1998.
- COSTA, W.D. & SANTOS, A.C., 1998 .Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife.
- COSTA, W.D., 2000. Riscos Potenciais e Reais decorrentes da super- exploração de Águas Subterrâneas no Recife- PE. XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Anais em cd. Fortaleza, CE.
- COSTA, W. D., COSTA, H. F., FERREIRA, C. A., MORAIS, J. F. S, VILLA VERDE, E. R., COSTA, L. B., 2002. Estudo Hidrogeológico de Recife- Olinda- Camaragibe- Jaboatão dos Guararapes- HIDROREC 2. SRH- PE. Recife, 150p.
- COSTA, W. D., SANTOS, M. A. V., PRADO, H. F., OLIVEIRA, M. R. M., COSTA, N. V. G. S., Costa Filho, W. D., 2003. Estudo e Implantação de um Sistema de Monitoramento dos Aquíferos e Águas Minerais na Região do Recife e Adjacências. DNPM-SECTMA-CPRH. Recife, 185p.
- COSTA, W. D., 2006. Curso Sobre Recarga de Aquíferos. Fortaleza. 2006.
- COSTA,W.D. & M. A.VALENÇA., 2008. Estudo das causas de salinização das águas dos aquíferos do Recife, região dos bairros de Boa Vista e Pina. XIII Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas. Natal, RN.
- COSTA FILHO , W. D., 1997. Estudo Hidroquímico nos Aquíferos da Planície do Recife. Dissertação de Mestrado, UFPE, Pernambuco.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 1994. Vulnerabilidade das águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife (SINGRE). Recife - PE.27p. il. (Serie Recursos Hídricos, 2).

- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2003. Sistema de Informações Geoambientais da RMR, Região Metropolitana de Recife - SIGA. Pfaltzgraff, P. A. S. (Coord). Recife, 119 p. CD-ROM.
- CPRM/FIDEM., 1994a. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife – Projeto SINGRE, Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. Recife-PE. 38p. (Série Cartográfica Temática, 2)
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2003. Estudo da Vulnerabilidade e Proposta de Proteção de Aquíferos da Faixa Costeira Norte de Pernambuco. Relatório Final.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2012. ASSUNÇÃO.P.R & NESI.J.de.R. Mapa Geológico da Região Metropolitana do Recife - Inédito
- CRETELA JUNIOR. JOSÉ. Dos Bens Públicos da Constituição de 1988. Revista dos Tribunais, n.10, p. 16-48.
- CPRM/FIDEM, 1994b. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife – Projeto SINGRE, Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Fundação de Desenvolvimento da Região do Recife. Recife-PE. 38p. (Série Cartografia Temática,2).
- CUNHA R.C. DE A. 1997. Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas por Fontes Industriais Desativadas – Estudo de Caso. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 152p.
- CUSTÓDIO, E.G. - Progressiva Degradación de la Cantidad y Calidad de los Recursos de Água en el Sistema Acuífero del Bajo Llobregat. Anais, VII Congresso Bras. de Águas Subterrâneas, ABAS, 1 v., p.18-48, Belo Horizonte, dez. 1992.
- DIAMANTINO,C.-2005- Metodologias de Recarga Artificial de Aquíferos. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos de Países de Língua Portuguesa. Évora-Portugal

- DIAS, C.L.; IRATANI, M.; GUILLAUMON, J.; CASARINI, D.; OKANO, O. ; FERREIRA L.; FRISCH, H.; TROEGER, U. & SCHULER, G. Restrições de uso e ocupação do solo em áreas de proteção de aquíferos: Conceitos, legislação e proposta de aplicação no estado de São Paulo. XIII Cong. Brasileiro de águas subterrâneas. Cuiabá-MT. CD-Room. 2004.
- EBENÉZER, M. de S, 2006 - Estratigrafia da Sequencia Clástica Inferior (Andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior) da Bacia da Paraíba e Suas Implicações Paleogeográficas. Tese de doutoramento do Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.
- FIORILLO, Celso & ABELHA, Marcelo. Manual de Direito Ambiental e Legislação Aplicável. Ed. Max Limonad. São Paulo. 1997
- FRANÇA, H.P.M. de ; VASCONCELOS NETO, B.G. M., ANDRÉ, H.O., CIRILO, J.A., CABRAL, J.J.S.P., 1988. Análise Preliminar do Comportamento Hidrodinâmico da Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife. In: 1º Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Recife, ABAS. 59-72.
- FREITAS, Vlademir Passos de. A C. A. (2000). Constituição Federale e a Efetivação das Normas Ambientais. São Paulo: Revista dos Tribunais, 200.p. 26-45.
- FOSTER, S.S.D.; VENTURA, M. & HIRATA, R. (1987)- Contaminacion de las águas subterrâneas: un enfoque efecutivo de la situación en America Latina y el Caribe en relación con el Suministro de agua Potable. CEPIS. Technical Report (OMS., OPS-HPE, CEPIS, Lima, Peru), 42p.il.
- FOSTER, S.; HIRATA, G.A.; ROCHA, G.A., 1988. Riscos de Poluição das águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5°. São Paulo, ABAS. P.175-185.
- FOSTER, S.S.D. & HIRATA, R. (1988; 1991)- Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/CEPIS. Lima, Peru: 1-78.

- FOSTER, S.S.D. & HIRATA, R., 1993. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas. Um método baseado em dados existentes. Instituto Geológico, bol. n. 10, 1 vol., 92p. São Paulo, SP.
- FOSTER, S; HIRATA,R.; GOMES, D.; D'élia, M.; Paris, M. Groundwater quality protection. A guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies. Groundwater Management Advisory Team (GWMATE). The World bank, Washington, 103p. 2002.
- GOODLAND, Roberto. Glossário de ecologia brasileira. Manaus: Imprensa Oficial do Estado, 1975, p. 35
- GLOEDEN, E., 1999. Gerenciamento de Áreas Contaminadas na Bacia Hidrográfica do Reservatório Guarapiranga. Tese de Doutorado de Geociências, Universidade de São Paulo, 225p.
- GRINOVER, Alda Peregrino. Novas Tendências do Direito Processual. 1. ed. São Paulo : Editora Forense Universitária, 1990.p. 177-188.
- GOWLER, A. 1983. Underground purification capacity. IAHS Publication 142:1063-1072.
- HIRATA, R., 1996. Vulnerabilidade e Risco de Contaminação dos Recursos Hídricos Subterrâneos. In: Simpósio sobre impactos ambientais e águas subterrâneas no Brasil. Rio de Janeiro.
- HOLLING, C. S. & CLARK, W. C. (1975). Notes towards a science of ecological manegement. In: Unifying concepts in ecology. Dobben, W. H. & Lwe-MacConnell, R. H. (eds), The Hague. p. 247 – 251.
- HUTCHINSON, A., WENDELL, D., FOREMAN, T., 1999. Los Angeles Seawater Intrusion Barrier Injection Well Redevelopment Study. The 9<sup>th</sup> Biennial Symposium on the Artificial Recharge and Integrated Water Management. Tempe, Arizona.
- KEGEL, W. 1953. Relatório Anual do Diretor (Ano 1952). In: Brasil, DNPM/DGM, 80p.

- KEGEL, W. 1955. Geologia do fosfato de Pernambuco. Div. Geol. Min. DNPM. Bol. 157, 54 p.
- KOPPEN,W., 1948. The Climates of North América. R. Handbuch der Klimatologie, Berlim.
- LAGREGA, M.D.; BUCKINGHAM, P.L.; EVANS, J.C. 1994. Harzardous Waste Management. Editora McGraw-Hill, New York, 1146p.
- LE GRAND, H.E. - System of reevaluation of contamination potential of some waste disposal sites. Journal American Water Works Association, vol. 56. p. 959-974, August, 1964.
- LEVIN, S. A. (1982). The problem of pattern and scale in ecology. Ecology, 73(6): 1943 -1967.
- LIEBMAN, Hans. Terra - Um planeta inabitável. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1979, p. 25
- LIMA FILHO, M. F.; PEDROZA, J.A.;MEDEIROS. A. B.; BRITO. M.F.; ARAÚJO R. D.; NÓBREGA.V.A.; MOTA J.A. 3º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. Rio Claro – São Paulo - 1994.
- LIMA FILHO, M. F. 1998. Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco. IG-USP. Tese de Doutorado, 180 p.
- LIMA FILHO, M. F. & SOUZA, E. M., 2001. Marco estratigráfico em arenitos calcíferos do Campaniano da Bacia Paraíba: estratigrafia e significado paleoambiental. XIX Simp. Geol. Nord. Anais, 87-88.
- LIMA FILHO, M. F.; BARBOSA, J.A.; NEUMANN, V.H.; SOUZA, E.M. 2005. Evolução Comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba. In: X Simpósio Nacional de estudos tectônicos/iv international symposium on tectonics. Curitiba-PR, 5p.
- LISBOA, L.P & RIBEIRO, M.S. 2001. Passivo Ambiental. Editora Trevisan, São Paulo.

- LOBO FERREIRA, J.P.C.; CABRAL, F, 1991. Proposal for na Operation Definition of Vulnerability for the European Community's Atlas of Groundwater Resources. In: MEETING OF THE EUROPE INSTITUTE FOR WATER, GROUNDWATER GROUP BRUSSELS
- MILARÉ, E. 2004. Direito do Ambiente:- Doutrina, Jurisprudência, Glossário. 3ª ed. Editora Revista dos Tribunais, São Paulo, 1024p.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito Ambiental Brasileiro. São Paulo: Ed. Malheiros, 1996, p.72
- MANOEL FILHO, J., 1997. Contaminação das Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F.; MANOEL FILHO, J. (Coord). Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações. Recife; CPRM.
- MANOEL FILHO, J., 2004. Exploração de Água Mineral em Zona Urbana, Características Gerais e Diagnóstico para Planejamento e Controle. Caso da Grande Recife. Convênio SMM/CNPq. Recife, PE.
- MABESOONE, J.M & ALHEIROS, M.M. 1988. Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco/Paraíba. Revista Brasileira de Geociências, 18: 476-482.
- MENOR, E. A., DANTAS, J. R. A., SOBRINHO, A. C. P. 1977. A sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: revisão de novos estudos. VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande, Anais (6): 1-27.
- MONTEIRO, A.B., COSTA, W. D., FRANÇA, A. E., 2001. Zona "A" – O Aquífero Cabo pede Socorro. In : IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Olinda, PE, pp.595 – 605.
- MONTEIRO, A.B., 2000. Modelagem de Fluxo subterrâneo nos aquíferos da Planície do Recife seus encaixes. Dissertação de Mestrado, UFPE, Pernambuco.

- MONTENEGRO, S. M. G. L., MONTENEGRO, A. DE A., DE LIMA, E. S., DEMÉTRIO, J. G. A., CABRAL, J. J. S. P., MANOEL FILHO, J., BARBALHO JR., C. G., VENÂNCIO, S. G., LAFFAYETE, K. P. V., 2000. Dinâmica da salinização do Aquífero Cabo na Região Metropolitana do Recife. XI Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas. Cd. Fortaleza, Ce.
- MONTENEGRO, S. M. G. L., MONTENEGRO, A. A. A., LIMA, E. S., CABRAL, J. J. S. P., MANOEL FILHO, J., DEMÉTRIO, J. G., 2001. Monitoring Salinity Levels in the Cabo Aquifer, Recife Coastal Plain (Northeast Brazil). In: SALT WATER INTRUSION AND COASTAL AQUIFER CONFERENCE, 2001, Essaouira. Proceedings of the Salt Water Intrusion and Coastal Aquifer Conference.
- MONTENEGRO, S. M. G. L., MONTENEGRO, A. A. A., CABRAL, J., DEMETRIO, J. G. A., MANOEL FILHO, J., LIMA. E. S., MATOS, E., PAIVA, A., 2002. Groundwater Salinity in the Cabo Aquifer in Recife Coastal Plain, Pernambuco, Brazil. XXXII IAH & VI ALHSUD Congress- Groundwater and Human Development. Mar Del Plata, Argentina.
- MONTENEGRO, S. M. G. L., MONTENEGRO, A. DE A., E. S., DEMÉTRIO, J. G. A., CABRAL, J. J. S. P., PAIVA. A.L.R., CAVALCANTI. G. LINS., 2009. Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – volume 14 n.3 jul/set 2009, 81-93.
- NNC (2002) - Management of aquifer recharge and subsurface storage. Making better use of our largest reservoir. Editors Albert Tuinhof e Jan Piet Heederik. Seminar Wageningen 18 - 19 Dezembro 2002. Organised by the Netherlands National Committee (NNC) para a International Association of Hydrogeologists (IAH), 106 pp.
- NÓBREGA, V.A. & ALHEIROS, M.M. 1991. Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco-Paraíba. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 11, Natal, 1984. Atas. Natal, Soc. Bras. Geol., p. 75-77.
- OLIVEIRA P. E. & ANDRADE RAMOS, J. R. - 1956 - Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Bol. 151, 60p.

OLIVEIRA, L.T., 2003 - Aspectos Hidrogeológicos da Região Costeira Norte de Pernambuco -Paulista a Goiana. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

OLIVEIRA, M.J.P.M. 2004 – Recarga de águas subterrâneas. Métodos de avaliação. Dissertação submetida à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia (Hidrogeologia). Universidade de Lisboa, Lisboa. 440 pp.

OLIVEIRA, M.M.; NOVO, M.E.; LOBO FERREIRA, J.P. Models to predict the impact of the climate change on aquifer recharge. In: J.P. LOBO FERREIRA and J.M.P. VIEIRA (eds) Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability IAHS Publ. 310: p.103-110. 2007.

PERNAMBUCO (2001). Resolução nº01 de 02 de Abril de 2001 do CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Dispõe sobre a distância mínima entre os poços destinados a comercialização d'água e o abastecimento público situados nas Bacias Sedimentares Costeiras do Estado Pernambuco.

PERNAMBUCO (2009). Resolução nº10 de 03 de Dezembro de 2009 do CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Dispõe sobre a realização de análises físico-químicas e Bacteriológicas nas águas subterrâneas do Estado de Pernambuco.

PERNAMBUCO (2010). Resolução nº01 de 31 de Março de 2010 do CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Dispõe sobre a obrigatoriedade de realização de manutenção preventiva com apresentação de relatório técnico dos poços tubulares do Estado de Pernambuco.

PERNAMBUCO (2009). Resolução nº01 de 25 de Março de 2009 do CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Dispõe sobre a realização de testes de bombeamento de poços no Estado de Pernambuco.

PERNAMBUCO (1997). Lei nº 11426, de 17 de Janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política e Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco.

- PERNAMBUCO (1997). lei nº 11427, de 17 de Janeiro de 1997. Dispõe sobre a conservação e proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco.
- PERNAMBUCO (2005). lei nº 12984, de 30 de Dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Pernambuco.
- PERNAMBUCO (1997). Decreto nº 20269, de 24 de Dezembro de 1997. Dispõe sobre a regulamentação da Lei nº 11426.
- PERNAMBUCO (1997). Decreto nº 20423, de 26 de Março de 1998. Dispõe sobre a regulamentação da Lei nº 11427.
- POMPEU, Cid Tomanic. Legislação Ambiental Brasileira. Revista da Associação Brasileira de Direito Nuclear, 1977, n.3. Rio de Janeiro, p. 107-113.
- POVEDA, E. P. R; SOARES, R. T.; PHILIPPI, T. T.; MANETTI, C. T. 2004. Responsabilidade Civil em Face do Passivo Ambiental. In: Philippi Jr., A. & Alves, A. C. (Eds.) Questões de Direito Ambiental. Editora Signus, São Paulo, pp.: 149-162.
- PRINZHORN, D. S., LLURIA, M. R., SCHUMANN, H. H., 1999. Feasibility of Groundwater Recharge Near Subsidence and Earth Fissure Zones Luke Area – Western Salt River Valley – Arizona. The 9<sup>th</sup> Biennial Symposium on the Artificial Recharge and Integrated Water Management. Tempe, Arizona.
- PORTEUS, A. 2000. Dictionary of Environment Science and Technology. 3<sup>o</sup> edition, John Wiley & Sons Ltda., England, 1v.
- PORRAS, J. & WILSON, J. - (1980) - Contaminacion de las aguas subterraneas - Tecnologia, Economia y Gestion. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. España.
- RABINOVICH, J.E. (1981). Modelos y catastrofes; enlace entre la teoria ecológica y el manejo de los recursos naturales renovables. Interciencia, 6(1): 12 – 21.

- REBOUÇAS, A. da C., 1966. "Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. Aspectos Hidrogeológicos". II Simpósio de Geologia do Nordeste.
- ROLIM FILHO, J. L., 1987. Uma Análise Estatística da Hidroquímica do Aquífero Da Região do Recife (PE). Dissertação de Mestrado, UFPE, Pernambuco.
- SANCHES, L.E., 2001. Desengenharia. O passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 254p.
- SANTOS, A. C., 2000. Estratégia de Uso e Proteção das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife - PE. Tese de Doutorado. São Paulo, USP 2000.185p.
- SANTO SILVA, G. do E. – 2004 – Avaliação do potencial da recarga artificial como alternativa para recuperação da potenciométrica de aquífero: estudo de caso na Planície do Recife-PE – Dissertação de Mestrado apresentada na UFPE, Departamento de Engenharia Civil. 125 p.
- SANTO SILVA, G. do E.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CAVALCANTI, G.L.; MONTENEGRO, A. A de A.; COSTA, L.M., 2006. Aplicação e Modelagem da Recarga Artificial com Águas Pluviais Para Recuperação Potenciométrica de Aquífero Costeiro na Planície De Recife. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 11 n.3 jul/set 2006, 259-170
- SOUZA, E. M. 1999. Levantamento radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia Paraíba. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 152 p.
- SOUZA LIMA, W.; Alberto, G. A.; Oliveira Lima ., F. H. 2003. Bacia Sedimentares Brasileiras: Bacia Pernambuco-Paraíba. Aracajú, Fundação Paleontológica Phoenix, n.55, 11p.
- SÃO PAULO (1988). Lei nº 6134, de 1988. Dispõe sobre a preservação dos depósitos das águas naturais do Estado de São Paulo.

SÃO PAULO (1998). Lei nº 6536, de 1998. Dispõe sobre a criação do Fundo Especial de reparação de interesses difusos lesados.

SÃO PAULO (1998). Lei nº 9999, de 1998. Dispõe sobre a necessidade de realização de estudos sobre a qualidade do solo em zonas de uso predominantemente industrial.

SÃO PAULO (1997). Lei nº9509, de 1997. Dispõe sobre prazos de validade para cada modalidade de licenciamento ambiental e suas condições de renovação.

SÃO PAULO (2009), Lei nº 13577, de 2009. Dispõe sobre o conceito de área contaminada

SÃO PAULO (2012), Decreto Municipal nº 42319, de 2012. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos relativos ao gerenciamento de áreas contaminadas.

SÃO PAULO (2003), Lei Municipal nº 13564, de 2003. Dispõe sobre a aprovação de parcelamento do solo, edificação ou Instalação de equipamentos em terrenos contaminados ou suspeitos de contaminação por materiais nocivos ao meio ambiente e a saúde pública.

TEIXEIRA 1988., Modelo Conceitual Para Uso e Proteção dos Recursos Hídricos da Faixa Costeira Recife – João Pessoa. Tese de Doutorado, USP, 1988.

TINOCO, I. M. 1967. Micropaleontologia da Faixa Sedimentar Costeira Recife-João Pessoa. Soc. Bras. Geol., Bol. (16): 1, São Paulo, SP.

TRINDADE, Antônio Augusto Cançado. Direitos Humanos e Meio Ambiente. Paralelo dos Sistemas de Proteção Internacional. Porto Alegre. Sergio Antônio Fabris. Editor.1993.

TOMMASI, Luiz Alberto. Estudo de impacto ambiental. São Paulo: Terragraph, 1994, p. 1.

TUCCI, Carlos. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. 2.ed. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade, 1993,p. 739 – 753.

UNITED STATE ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (USEPA) .1974. Guidelines for delineation of well protection areas. USEPA .

UNITED STATE ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (USEPA) .1987. Guidelines for delineation of well protection areas. USEPA .

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2000. Guidelines for delineation of well protection areas. USEPA .

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2004a. Guidelines for delineation of well protection areas. USEPA .

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2003a. PRP Search Manual. USEPA, 381p.

ANEXO I - TABELA COM AS FONTES DE CONTAMINAÇÃO CADASTRADAS DA  
RMR

<b>Industrias</b>											
<b>Nº Ref.</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>									
<b>1</b>	289945	9128918	<b>25</b>	290009	9121772	<b>52</b>	289664	9106525	<b>78</b>	281501	9107268
<b>2</b>	288803	9133809	<b>26</b>	290156	9122522	<b>53</b>	290894	9105867	<b>79</b>	281767	9106589
<b>3</b>	289891	9128994	<b>27</b>	290052	9122057	<b>54</b>	284386	9110275	<b>80</b>	281569	9107099
<b>4</b>	289395	9130595	<b>28</b>	290027	9121737	<b>55</b>	284467	9110286	<b>81</b>	281669	9106565
<b>5</b>	289889	9128076	<b>29</b>	288871	9122556	<b>56</b>	283884	9109529	<b>82</b>	281536	9106992
<b>6</b>	289760	9137256	<b>30</b>	288381	9122924	<b>57</b>	284362	9110172	<b>83</b>	281713	9106901
<b>7</b>	286263	9096265	<b>31</b>	290513	9122999	<b>58</b>	292139	9108068	<b>84</b>	283929	9109569
<b>8</b>	286124	9095944	<b>32</b>	291026	9124367	<b>59</b>	293381	9109657	<b>85</b>	282965	9106948
<b>9</b>	285951	9095779	<b>33</b>	290119	9127579	<b>60</b>	289717	9102405	<b>86</b>	280919	9106375
<b>10</b>	285502	9095324	<b>34</b>	290783	9124006	<b>61</b>	291685	9108595	<b>87</b>	281629	9107115
<b>11</b>	283648	9090353	<b>35</b>	290725	9123323	<b>62</b>	292223	9107536	<b>88</b>	284457	9110392
<b>12</b>	283439	9090099	<b>36</b>	289154	9122811	<b>63</b>	292119	9108059	<b>89</b>	291828	9114976
<b>13</b>	285362	9095065	<b>37</b>	289694	9122301	<b>64</b>	292126	9110625	<b>90</b>	286762	9115496
<b>14</b>	285215	9095025	<b>38</b>	290436	9123760	<b>65</b>	290225	9106571	<b>91</b>	289291	9102897
<b>15</b>	294092	9111914	<b>39</b>	290322	9123948	<b>66</b>	288901	9112546	<b>92</b>	289518	9104377
<b>16</b>	291838	9114969	<b>40</b>	290282	9123641	<b>67</b>	285656	9112284	<b>93</b>	288876	9100535
<b>17</b>	290361	9122861	<b>42</b>	290047	9122472	<b>68</b>	291948	9112779	<b>94</b>	276513	9074962
<b>18</b>	290055	9121948	<b>43</b>	293381	9109657	<b>69</b>	290182	9114396	<b>95</b>	281825	9071424
<b>19</b>	290128	9122303	<b>44</b>	289291	9102897	<b>70</b>	292094	9111444	<b>96</b>	270347	9071887
<b>20</b>	290149	9122698	<b>45</b>	289518	9104377	<b>71</b>	287854	9105835	<b>97</b>	276425	9086177
<b>21</b>	290361	9122861	<b>46</b>	288876	9100535	<b>72</b>	287021	9105175	<b>98</b>	275832	9088448
<b>22</b>	289065	9119584	<b>47</b>	291105	9109096	<b>73</b>	286863	9105398	<b>99</b>	283660	9090146
<b>23</b>	288937	9119474	<b>48</b>	287095	9105485	<b>74</b>	287014	9105316	<b>100</b>	276930	9083260
<b>24</b>	289115	9119513	<b>49</b>	290019	9106719	<b>75</b>	282082	9106702	<b>101</b>	281867	9071702
			<b>50</b>	292915	9107659	<b>76</b>	282425	9106741	<b>102</b>	275631	9084499
			<b>51</b>	293091	9107475	<b>77</b>	282069	9106746	<b>103</b>	280600	9078403

<b>104</b>	282642	9073222	<b>130</b>	289870	9123619	<b>156</b>	285700	9095500	<b>182</b>	290204	9122267
<b>105</b>	276415	9084464	<b>131</b>	290027	9123691	<b>157</b>	285060	9094920	<b>183</b>	289197	9119606
<b>106</b>	279135	9073405	<b>132</b>	290347	9123702	<b>158</b>	282220	9103200	<b>184</b>	288943	9119293
<b>107</b>	279676	9078875	<b>133</b>	290128	9123590	<b>159</b>	282060	9106800	<b>185</b>	290137	9122940
<b>108</b>	278265	9071772	<b>134</b>	290193	9123416	<b>160</b>	281510	9107265	<b>186</b>	291031	9123973
<b>109</b>	283583	9071081	<b>135</b>	290041	9122817	<b>161</b>	286220	9096320	<b>187</b>	289360	9121960
<b>110</b>	278845	9073363	<b>136</b>	289680	9122390	<b>162</b>	284260	9093420	<b>188</b>	290100	9122440
<b>111</b>	275004	9083789	<b>137</b>	288320	9132540	<b>163</b>	294200	9113500	<b>189</b>	288840	9119560
<b>112</b>	276498	9074933	<b>138</b>	289960	9128840	<b>164</b>	294800	9113300	<b>190</b>	289880	9122560
<b>113</b>	276188	9074319	<b>139</b>	289260	9130420	<b>165</b>	293560	9113200	<b>191</b>	290440	9123660
<b>114</b>	276822	9075088	<b>140</b>	288644	9133131	<b>166</b>	294160	9113720	<b>192</b>	289360	9121960
<b>115</b>	283133	9071440	<b>141</b>	289369	9133794	<b>167</b>	294880	9113460	<b>193</b>	289080	9119700
<b>116</b>	281631	9089460	<b>142</b>	289003	9133620	<b>168</b>	291820	9114840	<b>194</b>	290820	9123700
<b>117</b>	289820	9128300	<b>143</b>	288976	9130195	<b>169</b>	294900	9113540	<b>195</b>	290260	9123600
<b>118</b>	291031	9123973	<b>144</b>	289443	9131663	<b>170</b>	294760	9113380	<b>196</b>	290140	9122560
<b>119</b>	290436	9123756	<b>145</b>	289443	9131663	<b>171</b>	296220	9115600	<b>197</b>	289440	9121820
<b>120</b>	290816	9123406	<b>146</b>	289625	9135190	<b>172</b>	289197	9119606	<b>198</b>	295800	9129250
<b>121</b>	290300	9123700	<b>147</b>	289443	9131663	<b>173</b>	290192	9121941	<b>199</b>	288920	9122780
<b>122</b>	290874	9123567	<b>148</b>	289654	9130627	<b>174</b>	290140	9122560	<b>200</b>	289500	9122260
<b>123</b>	290183	9123247	<b>149</b>	289274	9132275	<b>175</b>	290189	9121873	<b>201</b>	290760	9123540
<b>124</b>	290447	9124380	<b>150</b>	290450	9123824	<b>176</b>	291126	9124160	<b>202</b>	289840	9122060
<b>125</b>	290554	9123554	<b>151</b>	289926	9129010	<b>177</b>	290166	9121753	<b>203</b>	290440	9122960
<b>126</b>	290976	9123831	<b>152</b>	290167	9127655	<b>178</b>	289474	9122385	<b>204</b>	290680	9123340
<b>127</b>	290401	9123744	<b>153</b>	287719	9131498	<b>179</b>	289474	9122385	<b>205</b>	289240	9107160
<b>128</b>	290239	9123337	<b>154</b>	289930	9128980	<b>180</b>	289459	9121969	<b>206</b>	286540	9106480
<b>129</b>	289839	9123657	<b>155</b>	289700	9137340	<b>181</b>	290205	9122273	<b>207</b>	289840	9102420

<b>208</b>	289860	9102520	<b>234</b>	288803	9133809	<b>260</b>	290027	9121737	<b>286</b>	284467	9110286
<b>209</b>	282960	9106940	<b>235</b>	289891	9128994	<b>261</b>	288871	9122556	<b>287</b>	283884	9109529
<b>210</b>	288260	9102920	<b>236</b>	289395	9130595	<b>262</b>	288381	9122924	<b>288</b>	284362	9110172
<b>211</b>	282050	9106750	<b>237</b>	289889	9128076	<b>263</b>	290513	9122999	<b>289</b>	292139	9108068
<b>212</b>	286260	9113600	<b>238</b>	289760	9137256	<b>264</b>	291026	9124367	<b>290</b>	293381	9109657
<b>213</b>	291740	9105720	<b>239</b>	286263	9096265	<b>265</b>	290119	9127579	<b>291</b>	289717	9102405
<b>214</b>	292080	9110420	<b>240</b>	286124	9095944	<b>266</b>	290783	9124006	<b>292</b>	291685	9108595
<b>215</b>	288800	9100120	<b>241</b>	285951	9095779	<b>267</b>	290725	9123323	<b>293</b>	292223	9107536
<b>216</b>	290820	9112640	<b>242</b>	285502	9095324	<b>268</b>	289154	9122811	<b>294</b>	292119	9108059
<b>217</b>	290020	9106060	<b>243</b>	283648	9090353	<b>269</b>	289694	9122301	<b>295</b>	292126	9110625
<b>218</b>	289660	9102640	<b>244</b>	283439	9090099	<b>270</b>	290436	9123760	<b>296</b>	290225	9106571
<b>219</b>	288820	9107900	<b>245</b>	285362	9095065	<b>271</b>	290322	9123948	<b>297</b>	288901	9112546
<b>220</b>	288640	9110920	<b>246</b>	285215	9095025	<b>272</b>	290282	9123641	<b>298</b>	285656	9112284
<b>221</b>	291880	9107040	<b>247</b>	294092	9111914	<b>273</b>	290047	9122472	<b>299</b>	291948	9112779
<b>222</b>	290140	9106100	<b>248</b>	291838	9114969	<b>274</b>	293381	9109657	<b>300</b>	290182	9114396
<b>223</b>	284900	9111000	<b>249</b>	290361	9122861	<b>275</b>	289291	9102897	<b>301</b>	292094	9111444
<b>224</b>	286260	9105360	<b>250</b>	290055	9121948	<b>276</b>	289518	9104377	<b>302</b>	287854	9105835
<b>225</b>	291580	9111920	<b>251</b>	290128	9122303	<b>277</b>	288876	9100535	<b>303</b>	287021	9105175
<b>226</b>	290120	9106000	<b>252</b>	290149	9122698	<b>278</b>	291105	9109096	<b>304</b>	286863	9105398
<b>227</b>	288100	9107700	<b>253</b>	290361	9122861	<b>279</b>	287095	9105485	<b>305</b>	287014	9105316
<b>228</b>	282620	9106840	<b>254</b>	289065	9119584	<b>280</b>	290019	9106719	<b>306</b>	282082	9106702
<b>229</b>	286140	9104500	<b>255</b>	288937	9119474	<b>281</b>	292915	9107659	<b>307</b>	282425	9106741
<b>230</b>	289900	9110000	<b>256</b>	289115	9119513	<b>282</b>	293091	9107475	<b>308</b>	282069	9106746
<b>231</b>	289820	9108460	<b>257</b>	290009	9121772	<b>283</b>	289664	9106525	<b>309</b>	281501	9107268
<b>232</b>	288661	9119088	<b>258</b>	290156	9122522	<b>284</b>	290894	9105867	<b>310</b>	281767	9106589
<b>233</b>	289945	9128918	<b>259</b>	290052	9122057	<b>285</b>	284386	9110275	<b>311</b>	281569	9107099

<b>312</b>	281669	9106565	<b>338</b>	282050	9106750	<b>364</b>	284900	9111000	<b>390</b>	288644	9133131
<b>313</b>	281536	9106992	<b>339</b>	289960	9128840	<b>365</b>	281510	9107265	<b>391</b>	289369	9133794
<b>314</b>	281713	9106901	<b>340</b>	289700	9137340	<b>366</b>	289930	9128980	<b>392</b>	289003	9133620
<b>315</b>	283929	9109569	<b>341</b>	282220	9103200	<b>367</b>	289440	9121820	<b>393</b>	288976	9130195
<b>316</b>	282965	9106948	<b>342</b>	289880	9122560	<b>368</b>	295800	9129250	<b>394</b>	289443	9131663
<b>317</b>	280919	9106375	<b>343</b>	282060	9106800	<b>369</b>	291820	9114840	<b>395</b>	289443	9131663
<b>318</b>	281629	9107115	<b>344</b>	286260	9113600	<b>370</b>	286220	9096320	<b>396</b>	289625	9135190
<b>319</b>	284457	9110392	<b>345</b>	290440	9123660	<b>371</b>	288920	9122780	<b>397</b>	289443	9131663
<b>320</b>	291828	9114976	<b>346</b>	289360	9121960	<b>372</b>	289500	9122260	<b>398</b>	289654	9130627
<b>321</b>	286762	9115496	<b>347</b>	289080	9119700	<b>373</b>	290760	9123540	<b>399</b>	289274	9132275
<b>322</b>	289240	9107160	<b>348</b>	291740	9105720	<b>374</b>	289840	9122060	<b>400</b>	289197	9119606
<b>323</b>	294200	9113500	<b>349</b>	292080	9110420	<b>375</b>	290440	9122960	<b>401</b>	289197	9119606
<b>324</b>	288320	9132540	<b>350</b>	288800	9100120	<b>376</b>	294900	9113540	<b>402</b>	288661	9119088
<b>325</b>	289820	9128300	<b>351</b>	290820	9112640	<b>377</b>	290680	9123340	<b>403</b>	289197	9119606
<b>326</b>	286540	9106480	<b>352</b>	290020	9106060	<b>378</b>	286260	9105360	<b>404</b>	290192	9121941
<b>327</b>	289840	9102420	<b>353</b>	290820	9123700	<b>379</b>	294760	9113380	<b>405</b>	290140	9122560
<b>328</b>	289360	9121960	<b>354</b>	294160	9113720	<b>380</b>	296220	9115600	<b>406</b>	290189	9121873
<b>329</b>	285700	9095500	<b>355</b>	289660	9102640	<b>381</b>	291580	9111920	<b>407</b>	291126	9124160
<b>330</b>	294800	9113300	<b>356</b>	288820	9107900	<b>382</b>	290120	9106000	<b>408</b>	290166	9121753
<b>331</b>	290100	9122440	<b>357</b>	288640	9110920	<b>383</b>	288100	9107700	<b>409</b>	289474	9122385
<b>332</b>	289860	9102520	<b>358</b>	290260	9123600	<b>384</b>	282620	9106840	<b>410</b>	289474	9122385
<b>333</b>	293560	9113200	<b>359</b>	294880	9113460	<b>385</b>	284260	9093420	<b>411</b>	288943	9119293
<b>334</b>	282960	9106940	<b>360</b>	290140	9122560	<b>386</b>	286140	9104500	<b>412</b>	290100	9122440
<b>335</b>	288840	9119560	<b>361</b>	291880	9107040	<b>387</b>	289900	9110000	<b>413</b>	288840	9119560
<b>336</b>	288260	9102920	<b>362</b>	289260	9130420	<b>388</b>	289820	9108460	<b>414</b>	289459	9121969
<b>337</b>	285060	9094920	<b>363</b>	290140	9106100	<b>389</b>	287719	9131498	<b>415</b>	290205	9122273

<b>416</b>	290204	9122267	<b>442</b>	289680	9122390	<b>468</b>	294177	9114056	<b>494</b>	276366	9085771
<b>417</b>	291031	9123973	<b>443</b>	276248	9084855	<b>469</b>	277705	9075269	<b>495</b>	282690	9106943
<b>418</b>	289098	9123227	<b>444</b>	274447	9083924	<b>470</b>	289583	9102259	<b>496</b>	287988	9099536
<b>419</b>	289996	9128153	<b>445</b>	280187	9086780	<b>471</b>	290214	9106544	<b>497</b>	288897	9102425
<b>420</b>	290137	9122940	<b>446</b>	275047	9074401	<b>472</b>	279783	9078826	<b>498</b>	288961	9101811
<b>421</b>	290436	9123756	<b>447</b>	274264	9083831	<b>473</b>	274447	9083917	<b>499</b>	277995	9102680
<b>422</b>	290816	9123406	<b>448</b>	272640	9084160	<b>474</b>	289076	9103563	<b>500</b>	279783	9078926
<b>423</b>	290300	9123700	<b>449</b>	276694	9075546	<b>475</b>	279663	9087478	<b>501</b>	288147	9118860
<b>424</b>	290874	9123567	<b>450</b>	279156	9055032	<b>476</b>	293653	9114328	<b>502</b>	289168	9103410
<b>425</b>	290450	9123824	<b>451</b>	253121	9087466	<b>477</b>	286482	9096734	<b>503</b>	288604	9112864
<b>426</b>	291031	9123973	<b>452</b>	280187	9086780	<b>478</b>	284741	9094386	<b>504</b>	287977	9099652
<b>427</b>	289926	9129010	<b>453</b>	277956	9068147	<b>479</b>	281637	9072339	<b>505</b>	281839	9105679
<b>428</b>	290183	9123247	<b>454</b>	275802	9088356	<b>480</b>	294840	9113560	<b>506</b>	291857	9105608
<b>429</b>	290447	9124380	<b>455</b>	264185	9074036	<b>481</b>	279814	9078784	<b>507</b>	281839	9105679
<b>430</b>	290554	9123554	<b>456</b>	287017	9098576	<b>482</b>	288529	9135176	<b>508</b>	289688	9106694
<b>431</b>	290167	9127655	<b>457</b>	289680	9105194	<b>483</b>	292304	9107550	<b>509</b>	292618	9112275
<b>432</b>	290976	9123831	<b>458</b>	288406	9107114	<b>484</b>	273446	9116744	<b>510</b>	276877	9075633
<b>433</b>	290401	9123744	<b>459</b>	283890	9093214	<b>485</b>	275090	9083921	<b>511</b>	277012	9085160
<b>434</b>	290239	9123337	<b>460</b>	286430	9097003	<b>486</b>	288403	9130586	<b>512</b>	286357	9095746
<b>435</b>	289839	9123657	<b>461</b>	289189	9132258	<b>487</b>	289993	9123601	<b>513</b>	287875	9099658
<b>436</b>	289870	9123619	<b>462</b>	277995	9102680	<b>488</b>	269791	9138962	<b>514</b>	289479	9122277
<b>437</b>	290027	9123691	<b>463</b>	268234	9101973	<b>489</b>	284561	9093770	<b>515</b>	292048	9110401
<b>438</b>	290347	9123702	<b>464</b>	277725	9077328	<b>490</b>	289204	9119610	<b>516</b>	290260	9105719
<b>439</b>	290128	9123590	<b>465</b>	286599	9096330	<b>491</b>	288106	9107860	<b>517</b>	288405	9122922
<b>440</b>	290193	9123416	<b>466</b>	289622	9134860	<b>492</b>	287950	9099302	<b>518</b>	286114	9096614
<b>441</b>	290041	9122817	<b>467</b>	299184	9123488	<b>493</b>	287875	9102552	<b>519</b>	286936	9102785

<b>520</b>	290005	9127106	<b>546</b>	294294	9114157	<b>572</b>	289204	9119610	<b>598</b>	274798	9083248
<b>521</b>	282829	9072560	<b>547</b>	285580	9105480	<b>573</b>	286985	9105880	<b>599</b>	279677	9110212
<b>522</b>	288927	9122275	<b>548</b>	275511	9073444	<b>574</b>	278259	9086672	<b>600</b>	291687	9106954
<b>523</b>	287280	9102652	<b>549</b>	292365	9107327	<b>575</b>	282597	9107189	<b>601</b>	289786	9122033
<b>524</b>	292813	9109787	<b>550</b>	288507	9107217	<b>576</b>	290044	9106056	<b>602</b>	281839	9105679
<b>525</b>	288607	9099105	<b>551</b>	284285	9093800	<b>577</b>	290213	9106081	<b>603</b>	294730	9112623
<b>526</b>	287487	9115877	<b>552</b>	282139	9138528	<b>578</b>	276011	9089334	<b>604</b>	289568	9130584
<b>527</b>	291074	9106990	<b>553</b>	278120	9135208	<b>579</b>	289159	9103166	<b>605</b>	283645	9109084
<b>528</b>	295850	9129150	<b>554</b>	288780	9099720	<b>580</b>	291641	9111594	<b>606</b>	288780	9107833
<b>529</b>	288604	9112854	<b>555</b>	287016	9098760	<b>581</b>	289159	9103420	<b>607</b>	281868	9106655
<b>530</b>	286171	9096359	<b>556</b>	277780	9067940	<b>582</b>	286602	9115197	<b>608</b>	288652	9102486
<b>531</b>	277302	9077752	<b>557</b>	269859	9071602	<b>583</b>	288364	9099252	<b>609</b>	289483	9101506
<b>532</b>	289278	9106176	<b>558</b>	292025	9114700	<b>584</b>	293091	9109389	<b>610</b>	289778	9103166
<b>533</b>	290716	9106367	<b>559</b>	290116	9122384	<b>585</b>	288896	9102794	<b>611</b>	290853	9124344
<b>534</b>	293746	9113417	<b>560</b>	286487	9096186	<b>586</b>	292860	9109580	<b>612</b>	280070	9112600
<b>535</b>	284658	9098964	<b>561</b>	278179	9102619	<b>587</b>	290019	9109332	<b>613</b>	282215	9097569
<b>536</b>	291236	9106400	<b>562</b>	288496	9109706	<b>588</b>	290112	9122880	<b>614</b>	294115	9119871
<b>537</b>	286811	9096792	<b>563</b>	293416	9111818	<b>589</b>	288908	9100152	<b>615</b>	294635	9113206
<b>538</b>	295306	9113854	<b>564</b>	293414	9112340	<b>590</b>	286783	9103072	<b>616</b>	289583	9106361
<b>539</b>	289002	9099814	<b>565</b>	294861	9113425	<b>591</b>	289374	9107233	<b>617</b>	282064	9109675
<b>540</b>	293629	9112187	<b>566</b>	289418	9121362	<b>592</b>	288987	9133640	<b>618</b>	289678	9131744
<b>541</b>	291033	9110670	<b>567</b>	281697	9138200	<b>593</b>	269104	9101532	<b>619</b>	294226	9113832
<b>542</b>	281712	9100393	<b>568</b>	289750	9103382	<b>594</b>	284644	9093116	<b>620</b>	275546	9084415
<b>543</b>	285955	9096665	<b>569</b>	289925	9128098	<b>595</b>	279231	9087758	<b>621</b>	283465	9109084
<b>544</b>	289380	9133854	<b>570</b>	288820	9099352	<b>596</b>	284937	9094718	<b>622</b>	292161	9131999
<b>545</b>	284579	9089960	<b>571</b>	293090	9114150	<b>597</b>	285783	9113472	<b>623</b>	295060	9114040

<b>624</b>	288342	9136908	<b>650</b>	277720	9084364	<b>676</b>	285248	9095087	<b>702</b>	287990	9099330
<b>625</b>	289506	9106473	<b>651</b>	290467	9123548	<b>677</b>	281467	9106630	<b>703</b>	277195	9085283
<b>626</b>	274351	9116074	<b>652</b>	282259	9107371	<b>678</b>	276573	9075109	<b>704</b>	293659	9112280
<b>627</b>	285035	9094485	<b>653</b>	282201	9106787	<b>679</b>	289419	9121908	<b>705</b>	292679	9144467
<b>628</b>	284447	9091625	<b>654</b>	277687	9077518	<b>680</b>	289964	9128900	<b>706</b>	277705	9075269
<b>629</b>	284869	9093249	<b>655</b>	281159	9107757	<b>681</b>	291041	9123962	<b>707</b>	281637	9072339
<b>630</b>	284598	9092088	<b>656</b>	289988	9123644	<b>682</b>	286110	9098056	<b>708</b>	276877	9075633
<b>631</b>	293064	9109563	<b>657</b>	283898	9091555	<b>683</b>	289759	9121172	<b>709</b>	282829	9072560
<b>632</b>	278367	9078154	<b>658</b>	281172	9107324	<b>684</b>	282501	9089213	<b>710</b>	275511	9073444
<b>633</b>	287742	9137310	<b>659</b>	286163	9104287	<b>685</b>	285486	9105416	<b>711</b>	277780	9067940
<b>634</b>	276910	9103556	<b>660</b>	285282	9095144	<b>686</b>	279465	9102687	<b>712</b>	269859	9071602
<b>635</b>	274372	9083836	<b>661</b>	288629	9113916	<b>687</b>	277042	9085160	<b>713</b>	276573	9075109
<b>636</b>	282557	9121968	<b>662</b>	281174	9107320	<b>688</b>	290373	9123696	<b>714</b>	282498	9071483
<b>637</b>	289718	9137544	<b>663</b>	277765	9084878	<b>689</b>	282498	9071483	<b>715</b>	282810	9071518
<b>638</b>	278238	9078713	<b>664</b>	290844	9123512	<b>690</b>	284600	9110400	<b>716</b>	282810	9071518
<b>639</b>	278870	9079270	<b>665</b>	292304	9107550	<b>691</b>	282690	9106943	<b>717</b>	277725	9077328
<b>640</b>	288490	9097876	<b>666</b>	294289	9113524	<b>692</b>	281434	9107060	<b>718</b>	279783	9078826
<b>641</b>	295540	9116260	<b>667</b>	289937	9102615	<b>693</b>	285380	9095249	<b>719</b>	274447	9083917
<b>642</b>	289656	9103842	<b>668</b>	289967	9102861	<b>694</b>	293690	9109530	<b>720</b>	279663	9087478
<b>643</b>	288785	9112864	<b>669</b>	287120	9102663	<b>695</b>	289571	9121892	<b>721</b>	279814	9078784
<b>644</b>	290337	9122066	<b>670</b>	290098	9101140	<b>696</b>	289265	9102335	<b>722</b>	275090	9083921
<b>645</b>	283923	9092600	<b>671</b>	288418	9093789	<b>697</b>	289815	9102553	<b>723</b>	276366	9085771
<b>646</b>	287004	9094919	<b>672</b>	289475	9138274	<b>698</b>	276535	9082515	<b>724</b>	279783	9078926
<b>647</b>	274233	9083824	<b>673</b>	273177	9117030	<b>699</b>	282810	9071518	<b>725</b>	277012	9085160
<b>648</b>	281155	9107827	<b>674</b>	283328	9089124	<b>700</b>	282810	9071518	<b>726</b>	277302	9077752
<b>649</b>	289265	9102366	<b>675</b>	279787	9087734	<b>701</b>	292304	9107550	<b>727</b>	284579	9089960

<b>728</b>	278259	9086672
<b>729</b>	276011	9089334
<b>730</b>	279231	9087758
<b>731</b>	274798	9083248
<b>732</b>	275546	9084415
<b>733</b>	278367	9078154
<b>734</b>	274372	9083836
<b>735</b>	278238	9078713
<b>736</b>	278870	9079270
<b>737</b>	274233	9083824
<b>738</b>	277720	9084364
<b>739</b>	277687	9077518
<b>740</b>	277765	9084878
<b>741</b>	283328	9089124
<b>742</b>	279787	9087734
<b>743</b>	282501	9089213
<b>744</b>	277042	9085160
<b>745</b>	276535	9082515
<b>746</b>	277195	9085283

<b>Postos de Combustiveis</b>		
<b>Nº</b>	Leste	Norte
<b>Ref.</b>		
<b>1</b>	289778	9129618
<b>2</b>	290525	9100850
<b>3</b>	290313	9101483
<b>4</b>	291335	9108951
<b>5</b>	291173	9109002
<b>6</b>	292235	9105815
<b>7</b>	291442	9109403
<b>8</b>	290385	9101875
<b>9</b>	291436	9109846
<b>10</b>	289849	9109745
<b>11</b>	289895	9109838
<b>12</b>	290332	9111386
<b>13</b>	290677	9110235
<b>14</b>	289615	9109896
<b>15</b>	291713	9110927
<b>16</b>	290025	9112241
<b>17</b>	290064	9111704
<b>18</b>	290541	9111007
<b>19</b>	291485	9111277
<b>20</b>	293204	9111695
<b>21</b>	289635	9107654
<b>22</b>	296885	9114220
<b>23</b>	275468	9083402
<b>24</b>	277865	9080723

<b>25</b>	290862	9124483
<b>26</b>	290569	9124751
<b>27</b>	290740	9124491
<b>28</b>	282031	9089372
<b>29</b>	281274	9088573
<b>30</b>	284417	9090569
<b>31</b>	289992	9128189
<b>32</b>	289874	9129071
<b>33</b>	289778	9129650
<b>34</b>	289613	9130964
<b>35</b>	289435	9131901
<b>36</b>	288963	9133841
<b>37</b>	289386	9131874
<b>38</b>	297558	9140924
<b>39</b>	284796	9094701
<b>40</b>	284354	9093730
<b>41</b>	284791	9094701
<b>42</b>	291465	9115072
<b>43</b>	292769	9114308
<b>44</b>	293992	9113584
<b>45</b>	293689	9114158
<b>46</b>	296885	9114220
<b>47</b>	290027	9112313
<b>48</b>	292661	9121942
<b>49</b>	298098	9128552
<b>50</b>	297579	9127517

<b>51</b>	299177	9124121
<b>52</b>	299201	9123537
<b>53</b>	298774	9121644
<b>54</b>	298321	9120499
<b>55</b>	293766	9119584
<b>56</b>	293685	9119863
<b>57</b>	293068	9120575
<b>58</b>	293229	9120326
<b>59</b>	295347	9121034
<b>60</b>	290862	9124483
<b>61</b>	290569	9124751
<b>62</b>	290740	9124491
<b>63</b>	289992	9128189
<b>64</b>	289874	9129071
<b>65</b>	289779	9129671
<b>66</b>	289613	9130964
<b>67</b>	289435	9131901
<b>68</b>	288963	9133841
<b>69</b>	289386	9131874
<b>70</b>	297558	9140924
<b>71</b>	284354	9093730
<b>72</b>	284791	9094701
<b>73</b>	291465	9115072
<b>74</b>	292769	9114308
<b>75</b>	293992	9113584
<b>76</b>	293689	9114158

<b>77</b>	298098	9128552
<b>78</b>	297579	9127517
<b>79</b>	299177	9124121
<b>80</b>	299201	9123537
<b>81</b>	298774	9121644
<b>82</b>	298321	9120499
<b>83</b>	293766	9119584
<b>84</b>	293685	9119863
<b>85</b>	292661	9121942
<b>86</b>	293068	9120575
<b>87</b>	293229	9120326
<b>88</b>	295347	9121034
<b>89</b>	291269	9109242
<b>90</b>	291464	9109381
<b>91</b>	292209	9109573
<b>92</b>	293611	9107998
<b>93</b>	293209	9107831
<b>94</b>	290992	9109248
<b>95</b>	291162	9108983
<b>96</b>	291038	9109061
<b>97</b>	293713	9109119
<b>98</b>	293537	9108066
<b>99</b>	293064	9109038
<b>100</b>	290284	9110177
<b>101</b>	290269	9110243
<b>102</b>	290901	9109667

<b>103</b>	290863	9111598
<b>104</b>	293352	9111023
<b>105</b>	290403	9111909
<b>106</b>	290651	9110214
<b>107</b>	290599	9110706
<b>108</b>	290976	9111518
<b>109</b>	292759	9110737
<b>110</b>	292709	9109476
<b>111</b>	289851	9109729
<b>112</b>	287538	9113033
<b>113</b>	286349	9114014
<b>114</b>	289681	9111385
<b>115</b>	289912	9109738
<b>116</b>	289936	9109313
<b>117</b>	289654	9108852
<b>118</b>	289668	9109332
<b>119</b>	289459	9111248
<b>120</b>	288369	9111086
<b>121</b>	289639	9109851
<b>122</b>	291299	9112121
<b>123</b>	291481	9111279
<b>124</b>	291469	9113422
<b>125</b>	291801	9114072
<b>126</b>	291489	9114498
<b>127</b>	290863	9114903
<b>128</b>	291688	9110337

<b>129</b>	291569	9110631
<b>130</b>	291653	9110467
<b>131</b>	289012	9112219
<b>132</b>	287719	9112053
<b>133</b>	286666	9114074
<b>134</b>	287759	9112963
<b>135</b>	288221	9112882
<b>136</b>	288583	9112227
<b>137</b>	288119	9112959
<b>138</b>	289306	9112574
<b>139</b>	293201	9111688
<b>140</b>	292247	9111611
<b>141</b>	292229	9111538
<b>142</b>	289383	9108351
<b>143</b>	289097	9108326
<b>144</b>	288728	9108006
<b>145</b>	288591	9106954
<b>146</b>	288901	9106872
<b>147</b>	288207	9108369
<b>148</b>	286934	9108272
<b>149</b>	286473	9108076
<b>150</b>	289047	9108311
<b>151</b>	289632	9110749
<b>152</b>	292169	9107111
<b>153</b>	291039	9106754
<b>154</b>	291648	9109667

<b>155</b>	292008	9105803
<b>156</b>	289926	9103001
<b>157</b>	292468	9105401
<b>158</b>	288854	9100317
<b>159</b>	287056	9108338
<b>160</b>	285982	9111547
<b>161</b>	291311	9108949
<b>162</b>	291754	9108637
<b>163</b>	291921	9108364
<b>164</b>	289681	9107317
<b>165</b>	288318	9106233
<b>166</b>	287851	9106037
<b>167</b>	287886	9106065
<b>168</b>	289433	9103744
<b>169</b>	289285	9103299
<b>170</b>	286531	9110629
<b>171</b>	285919	9112881
<b>172</b>	292510	9107662
<b>173</b>	285501	9109109
<b>174</b>	285986	9110845
<b>175</b>	284153	9111929
<b>176</b>	288926	9100635
<b>177</b>	285781	9110560
<b>178</b>	285723	9110402
<b>179</b>	284092	9106026
<b>180</b>	284301	9105101

<b>181</b>	285806	9106299
<b>182</b>	286946	9106273
<b>183</b>	288443	9106299
<b>184</b>	292879	9108526
<b>185</b>	286381	9107114
<b>186</b>	288754	9106239
<b>187</b>	286358	9107167
<b>188</b>	286945	9106088
<b>189</b>	288521	9101763
<b>190</b>	289326	9103137
<b>191</b>	285937	9110952
<b>192</b>	288401	9109529
<b>193</b>	287474	9110036
<b>194</b>	285147	9111285
<b>195</b>	286333	9110658
<b>196</b>	287996	9109104
<b>197</b>	287029	9110351
<b>198</b>	289251	9102721
<b>199</b>	289611	9105086
<b>200</b>	289984	9108498
<b>201</b>	289778	9105469
<b>202</b>	291981	9105716
<b>203</b>	292531	9105037
<b>204</b>	288068	9102211
<b>205</b>	285555	9105681
<b>206</b>	290051	9106328

<b>207</b>	289629	9105163
<b>208</b>	289458	9104305
<b>209</b>	289336	9103611
<b>210</b>	285042	9104501
<b>211</b>	285912	9106498
<b>212</b>	285906	9110621
<b>213</b>	291409	9109809
<b>214</b>	284463	9111758
<b>215</b>	285598	9111126
<b>216</b>	287247	9110156
<b>217</b>	289091	9108329
<b>218</b>	292651	9110348
<b>219</b>	291711	9110941
<b>220</b>	290009	9112248
<b>221</b>	293590	9111822
<b>222</b>	290027	9112313
<b>223</b>	293234	9111049
<b>224</b>	291178	9111213
<b>225</b>	290539	9111028
<b>226</b>	290341	9111376
<b>227</b>	286086	9104887
<b>228</b>	285079	9105138
<b>229</b>	282976	9104221
<b>230</b>	289386	9106365
<b>231</b>	289819	9106768
<b>232</b>	288981	9111182

<b>233</b>	284796	9094701
<b>234</b>	282031	9089372
<b>235</b>	281274	9088573
<b>236</b>	284417	9090569
<b>237</b>	290054	9111679
<b>238</b>	289753	9129685
<b>239</b>	289609	9130894
<b>240</b>	289575	9131938
<b>241</b>	288995	9133778
<b>242</b>	288781	9135161
<b>243</b>	290027	9128127
<b>244</b>	289883	9129135
<b>245</b>	290511	9126151
<b>246</b>	290386	9139577
<b>247</b>	288585	9133762
<b>248</b>	289469	9131935
<b>249</b>	289598	9130094
<b>250</b>	290311	9126039
<b>251</b>	290733	9124534
<b>252</b>	290175	9124981
<b>253</b>	290175	9126847
<b>254</b>	290567	9124714
<b>255</b>	290717	9124510
<b>256</b>	289832	9128884
<b>257</b>	290373	9125242
<b>258</b>	290216	9126638

<b>259</b>	290009	9128130
<b>260</b>	288940	9133830
<b>261</b>	288591	9135168
<b>262</b>	290188	9122188
<b>263</b>	290501	9122876
<b>264</b>	297431	9140795
<b>265</b>	298329	9120480
<b>266</b>	298778	9121620
<b>267</b>	298819	9122178
<b>268</b>	298854	9122390
<b>269</b>	299181	9123566
<b>270</b>	299220	9124122
<b>271</b>	299199	9124404
<b>272</b>	299110	9124642
<b>273</b>	298615	9126290
<b>274</b>	298081	9128538
<b>275</b>	293784	9121384
<b>276</b>	297629	9127546
<b>277</b>	296911	9126148
<b>278</b>	294912	9122900
<b>279</b>	294717	9122670
<b>280</b>	294137	9121500
<b>281</b>	293582	9120886
<b>282</b>	295381	9121034
<b>283</b>	295937	9120214
<b>284</b>	297081	9119200

<b>285</b>	290950	9123712
<b>286</b>	292162	9122718
<b>287</b>	291469	9123636
<b>288</b>	292654	9121954
<b>289</b>	293650	9119848
<b>290</b>	291920	9123010
<b>291</b>	294095	9119022
<b>292</b>	293704	9119844
<b>293</b>	291233	9120998
<b>294</b>	290454	9121226
<b>295</b>	289318	9134666
<b>296</b>	290414	9139770
<b>297</b>	289385	9134338
<b>298</b>	290380	9125230
<b>299</b>	290278	9126334
<b>300</b>	290740	9124491
<b>301</b>	290232	9126629
<b>302</b>	290569	9124751
<b>303</b>	290862	9124483
<b>304</b>	288963	9133841
<b>305</b>	289779	9129671
<b>306</b>	289874	9129071
<b>307</b>	289613	9130964
<b>308</b>	289992	9128189
<b>309</b>	289386	9131874
<b>310</b>	289435	9131901

<b>311</b>	297558	9140924
<b>312</b>	292661	9121942
<b>313</b>	298098	9128552
<b>314</b>	297579	9127517
<b>315</b>	299201	9123537
<b>316</b>	299177	9124121
<b>317</b>	298321	9120499
<b>318</b>	298774	9121644
<b>319</b>	295347	9121034
<b>320</b>	293685	9119863
<b>321</b>	293766	9119584
<b>322</b>	293068	9120575
<b>323</b>	293229	9120326
<b>324</b>	289992	9128189

<b>Hospitais</b>		
<b>Nº</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>
<b>Ref.</b>		
<b>1</b>	289278	9129769
<b>2</b>	296706	9114070
<b>3</b>	294092	9111914
<b>4</b>	293668	9119725
<b>5</b>	293408	9121788
<b>6</b>	293668	9119725
<b>7</b>	293408	9121788
<b>8</b>	290702	9102685
<b>9</b>	287489	9104264
<b>10</b>	288125	9109632
<b>11</b>	285466	9109885
<b>12</b>	293285	9110096
<b>13</b>	291289	9109308
<b>14</b>	291676	9107895
<b>15</b>	291625	9107759
<b>16</b>	286343	9110916
<b>17</b>	290684	9108162
<b>18</b>	292035	9110125
<b>19</b>	292268	9108778
<b>20</b>	290885	9108654
<b>21</b>	290873	9109331
<b>22</b>	290479	9109629
<b>23</b>	289837	9110905
<b>24</b>	290802	9109434

<b>25</b>	289985	9109235
<b>26</b>	290285	9109868
<b>27</b>	289765	9111256
<b>28</b>	289813	9109438
<b>29</b>	290501	9111789
<b>30</b>	288617	9111456
<b>31</b>	284068	9109756
<b>32</b>	288319	9111187
<b>33</b>	289794	9111860
<b>34</b>	290415	9109095
<b>35</b>	291035	9107861
<b>36</b>	292108	9110085
<b>37</b>	291661	9107825
<b>38</b>	291969	9111040
<b>39</b>	288063	9112904
<b>40</b>	289316	9097760
<b>41</b>	289316	9097760
<b>42</b>	289345	9097795
<b>43</b>	290894	9102949
<b>44</b>	290925	9102974
<b>45</b>	291685	9109188
<b>46</b>	290871	9108597
<b>47</b>	290067	9110944
<b>48</b>	290479	9109629
<b>49</b>	289837	9110905
<b>50</b>	290474	9109443

<b>51</b>	290409	9109397
<b>52</b>	289985	9109235
<b>53</b>	290285	9109868
<b>54</b>	289679	9107715
<b>55</b>	289765	9111256
<b>56</b>	289695	9111222
<b>57</b>	287845	9111766
<b>58</b>	289813	9109438
<b>59</b>	288617	9111456
<b>60</b>	284068	9109756
<b>61</b>	288319	9111187
<b>62</b>	291969	9111040
<b>63</b>	289794	9111860
<b>64</b>	290415	9109095
<b>65</b>	290396	9109891
<b>66</b>	291035	9107861
<b>67</b>	292108	9110085
<b>68</b>	288063	9112904
<b>69</b>	289316	9097760
<b>70</b>	289345	9097795
<b>71</b>	290894	9102949
<b>72</b>	290702	9102685
<b>73</b>	275852	9083697
<b>74</b>	275971	9083761
<b>75</b>	276214	9084124
<b>76</b>	276152	9084054

<b>77</b>	274965	9082996
<b>78</b>	278552	9087132
<b>79</b>	289278	9129769
<b>80</b>	296706	9114070
<b>81</b>	294092	9111914
<b>82</b>	293668	9119725
<b>83</b>	293408	9121788
<b>84</b>	293668	9119725
<b>85</b>	293408	9121788
<b>86</b>	290702	9102685
<b>87</b>	287489	9104264
<b>88</b>	288125	9109632
<b>89</b>	285466	9109885
<b>90</b>	293285	9110096
<b>91</b>	291289	9109308
<b>92</b>	291676	9107895
<b>93</b>	291625	9107759
<b>94</b>	286343	9110916
<b>95</b>	290684	9108162
<b>96</b>	292035	9110125
<b>97</b>	292268	9108778
<b>98</b>	290885	9108654
<b>99</b>	290873	9109331
<b>100</b>	290479	9109629
<b>101</b>	289837	9110905
<b>102</b>	290802	9109434

<b>103</b>	289985	9109235
<b>104</b>	290285	9109868
<b>105</b>	289765	9111256
<b>106</b>	289813	9109438
<b>107</b>	290501	9111789
<b>108</b>	288617	9111456
<b>109</b>	284068	9109756
<b>110</b>	288319	9111187
<b>111</b>	289794	9111860
<b>112</b>	290415	9109095
<b>113</b>	291035	9107861
<b>114</b>	292108	9110085
<b>115</b>	291661	9107825
<b>116</b>	291969	9111040
<b>117</b>	288063	9112904
<b>118</b>	289316	9097760
<b>119</b>	289316	9097760
<b>120</b>	289345	9097795
<b>121</b>	290894	9102949
<b>122</b>	290925	9102974
<b>123</b>	291685	9109188
<b>124</b>	290871	9108597
<b>125</b>	290067	9110944
<b>126</b>	290479	9109629
<b>127</b>	289837	9110905
<b>128</b>	290474	9109443

<b>129</b>	290409	9109397
<b>130</b>	289985	9109235
<b>131</b>	290285	9109868
<b>132</b>	289679	9107715
<b>133</b>	289765	9111256
<b>134</b>	289695	9111222
<b>135</b>	287845	9111766
<b>136</b>	289813	9109438
<b>137</b>	288617	9111456
<b>138</b>	284068	9109756
<b>139</b>	288319	9111187
<b>140</b>	291969	9111040
<b>141</b>	289794	9111860
<b>142</b>	290415	9109095
<b>143</b>	290396	9109891
<b>144</b>	291035	9107861
<b>145</b>	292108	9110085
<b>146</b>	288063	9112904

<b>Lavanderia</b>		
<b>Nº Ref.</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>
<b>1</b>	291666	9108904
<b>2</b>	289682	9107751
<b>3</b>	290693	9109515
<b>4</b>	287875	9111735
<b>5</b>	291496	9111200
<b>6</b>	289683	9107734
<b>Lava Jato</b>		
<b>1</b>	289855	9109905
<b>2</b>	291535	9110675
<b>3</b>	290734	9111739
<b>4</b>	297643	9117654
<b>Auto Mecânica</b>		
<b>1</b>	289551	9110054
<b>2</b>	291179	9111105
<b>3</b>	290734	9111739
<b>4</b>	290896	9111535
<b>Garagem onibus</b>		
<b>1</b>	292354	9109586
<b>2</b>	284026	9110232
<b>3</b>	295494	9113735
<b>4</b>	277081	9083630
<b>Matadouro</b>		
<b>1</b>	293208	9122675
<b>Gráfica</b>		
<b>1</b>	291105	9109096

<b>cemiterios</b>		
<b>Nº Ref.</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>
<b>1</b>	281642	9088900
<b>2</b>	285200	9098300
<b>3</b>	283600	9104200
<b>4</b>	283900	9106240
<b>5</b>	283960	9100140
<b>6</b>	292260	9109975
<b>7</b>	293160	9109780
<b>8</b>	288520	9112360
<b>9</b>	295420	9114540
<b>10</b>	291800	9123160
<b>11</b>	296500	9131740
<b>12</b>	289660	9125920
<b>13</b>	289400	9130600
<b>14</b>	289300	9134400
<b>15</b>	298353	9143200
<b>16</b>	289772	9125738
<b>17</b>	291874	9123106
<b>18</b>	294095	9119022

<b>Lixões</b>		
<b>Nº Ref.</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>
<b>1</b>	298353	9142700
<b>2</b>	296250	9137100
<b>3</b>	290600	9140800
<b>4</b>	286200	9143200
<b>5</b>	289500	9141700
<b>6</b>	290400	9137500
<b>7</b>	290300	9138300
<b>8</b>	289060	9135800
<b>9</b>	292900	9126000
<b>10</b>	288650	9126100
<b>11</b>	290850	9131600
<b>12</b>	294200	9123700
<b>13</b>	292000	9119800
<b>14</b>	294000	9118300
<b>15</b>	292700	9115100
<b>16</b>	287600	9119300
<b>17</b>	285700	9121800
<b>18</b>	285360	9098400
<b>19</b>	285000	9095100
<b>20</b>	280400	9095500
<b>21</b>	285824	9145996
<b>22</b>	285826	9143618
<b>23</b>	296141	9142983
<b>24</b>	268396	9139102
<b>25</b>	288913	9139747
<b>26</b>	290716	9131346
<b>27</b>	291403	9127224
<b>28</b>	294594	9124205

ANEXO II – DADOS DOS POÇOS DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO  
COM ENQUADRAMENTO EM CLASSES DE SUAS ÁGUAS

Dados de Localização				Determinações					Coliformes totais	Dureza total Mg/L	Classe
Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	S.T.D.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	Fe <sub>3</sub>			
		N	E								
setúbal	Recife	08 08' 43"	34 54' 46"	cabo	80,8	3	27,4	0,3	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 32"	34 54' 26"	cabo	70,3	1,0	17,5	0,12	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 16"	34 54' 25"	cabo	149	2,2	47	0,3	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 33"	34 54' 33"	cabo	62,7	0	67	0,5	ausente	3	
setúbal	Recife	08 08' 14"	34 54' 26"	cabo	69,8	5,4	75	0,3	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 21"	34 54' 33"	cabo	150	3,4	35	0,1	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 10"	34 54' 17"	cabo	87	ausente	49,3	0,2	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 36"	34 54' 19"	cabo	76	ausente	42	0,1	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 26"	34 54' 47"	cabo	79	ausente	28	0	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 21"	34 54' 20"	cabo	69	0	35	0	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 19"	34 54' 23"	cabo	98	0	35,5	0	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 09"	34 54' 22"	cabo	76	ausente	21,3	0,15	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 35"	34 54' 31"	cabo	34	0	42	0,2	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 40"	34 53' 28"	cabo	65	ausente	32,3	0,1	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 29"	34 53' 27"	cabo	46,3	ausente	12,5	0,04	ausente	1	
setúbal	Recife	08 08' 39"	34 53' 26"	cabo	65	0,005	21,3	0	ausente	1	
pina	Recife	08 05' 56"	34 53' 05"	cabo	1330	0,6	500	3,1	ausente	4	
pina	Recife	08 05' 51"	34 53' 06"	cabo	3373	0,9	1862	2	ausente	4	
pina	Recife	08 05' 19"	34 52' 57"	cabo	434	0,01	215	1,2	ausente	3	
pina	Recife	08 05' 09"	34 53' 21"	cabo	156	0	35	1,3	ausente	1	
pina	Recife	08 05' 06"	34 53' 19"	cabo	120	0	22,1	0,3	ausente	1	
pina	Recife	08 05' 53"	34 53' 05"	cabo	140	0,2	51,5	0,6	ausente	1	
pina	Recife	08 05' 34"	34 53' 00"	cabo	1871	0,1	884	9,4	ausente	4	
pina	Recife	08 05' 45"	34 52' 52"	cabo	374	0,5	121	0,3	ausente	1	

pina	Recife	08 05' 32"	34 53'02"	cabo	370	2,1	120	0,3	ausente		1
pina	Recife	08 05' 17"	34 52' 53"	cabo	86	2,6	28,7	0,1	ausente		1
pina	Recife	08 08' 51"	34 53' 00"	cabo	130	3	517	1,5	ausente		1
pina	Recife	08 06' 00"	34 53' 08"	cabo	364	2,5	152	1,5	ausente		1
pina	Recife	08 06' 06"	34 53' 09"	cabo	489	0,35	86	0,22	ausente		1
pina	Recife	08 05' 44"	34 53' 08"	cabo	646	0,1	126	0,14	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 28"	34 55' 03"	cabo	79	0	28	0	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 38"	34 55' 58"	cabo	86	0,035	17	0,07	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 52"	34 55' 10"	cabo	78	0,069	24	0,01	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 35"	34 54' 59"	cabo	96	0,07	22	0,22	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 31"	34 54' 57"	cabo	120	ausente	43	0,2	ausente		1
pedade	Recife	08 11' 19"	34 55' 10"	cabo	450	0,9	52,9	0,9	ausente		3
pedade	Recife	08 10' 59"	34 55' 07"	cabo	320	0	270	0,2	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 43"	34 55' 03"	cabo	432	0,3	28	0,1	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 29"	34 55' 03"	cabo	421	0	25	0	ausente		1
pedade	Recife	08 11' 18"	34 55' 26"	cabo	3	0	97,1	0,2	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 41"	34 55' 09"	cabo	360	0	142	0,1	ausente		1
pedade	Recife	08 11' 15"	34 55' 10"	cabo	56	0,02	21,2	1,8	ausente		3
pedade	Recife	08 09' 52"	34 55' 03"	cabo	1010	0	23,5	0	ausente		4
pedade	Recife	08 10' 42"	35 55' 02"	cabo	1046	0	356,4	0,5	ausente		4
pedade	Recife	08 11' 20"	34 55' 28"	cabo	1067	0,25	319,1	0	ausente		4
pedade	Recife	08 10' 48"	34 55' 02"	cabo	470	ausente	243,6	1,1	ausente		1
pedade	Recife	08 10'06"	34 54' 51"	cabo	178	0	23,5	0,08	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 11"	34 54' 56"	cabo	141	ausente	23,5	0,6	ausente		1
pedade	Recife	08 11' 38"	34 55' 06"	cabo	120	ausente	20,5	0,06	ausente		1
pedade	Recife	08 19' 09"	34 54' 36"	cabo	234	0,1	32,5	0,09	ausente		1
pedade	Recife	08 10' 31"	34 55' 06"	cabo	165	ausente	43	0,1	ausente		1

piedade	Recife	08 10' 04"	34 55' 08"	cabo	187	0	42	0,05	ausente		1
piedade	Recife	08 10' 11	34 56' 07"	cabo	212	ausente	42,4	0,1	ausente		1
piedade	Recife	08 09' 50"	34 54' 49"	cabo	198	ausência28	54	0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 34"	34 05' 11"	cabo	115	0,1		0,22	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 32"	34 54' 10"	cabo	175	0		0,92	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 36'	34 54' 01'	cabo	390	0,1		3,34	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 13"	34 53' 55"	cabo	432	ausente		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 25"	34 53' 36"	cabo	450	ausente	0,2	0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 18'	34 54' 21"	cabo	380	ausente		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 28"	34 54' 24"	cabo	476	0,1		2,42	ausente		4
boa viagem	Recife	08 07' 20"	34 54' 24"	cabo	225	0,2		0,56	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 51"	34 53' 50"	cabo	342	0,3		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06'03"	34 53' 14"	cabo	132	0		0,03	ausenta		1
boa viagem	Recife	08 06' 08"	34 53' 18"	cabo	172,	3		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 41"	34 53' 57"	cabo	198	0		0,84	ausente		3
boa viagem	Recife	08 06' 44"	34 53' 29"	cabo	182	0		0,6	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 10"	34 53' 48"	cabo	161	0		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 n06' 42"	34 53' 31"	cabo	330	0,1		0,48	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 59"	34 53' 55"	cabo	350	0,11		0	12 (NMP/100ml)		4
boa viagem	Recife	08 07' 46"	34 54' 13"	cabo	456	0		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 21"	34 53' 30"	cabo	543	ausência		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	0806' 41"	34 53' 47"	cabo	365	0,25		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 45"	34 53' 30"	cabo	376	0		0,15	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 23"	34 53' 48"	cabo	456	0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 24"	34 54' 12"	cabo	543	3,0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 57"	34 53' 34"	cabo	342	0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 43"	34 54' 27"	cabo	233	presença		0,12	ausente		3

boa viagem	Recife	08 06' 56"	34 53' 53"	cabo	91	0		0,18	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 02"	34 54' 08"	cabo	132	0		0,05	ausente		1
boa viagem	Recife	08 05' 55"	34 53' 06"	cabo	551	0,16		2,36	23 (NMP/100ml)		4
boa viagem	Recife	08 08' 48"	34 54' 23"	cabo	543	0,3			ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 48"	34 53' 35"	cabo	269	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 48"	34 53' 35"	cabo	420	0,09		0,01	2,2 (NMP/100ml)		4
boa viagem	Recife	08 06' 42"	34 53' 48"	cabo	195	0,7		2,04	ausente		3
boa viagem	Recife	08 08' 20"	34 54' 04"	cabo	413	2		1,28	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 42"	34 53' 57"	cabo	286	ausente		0,03	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 50"	34 53' 45"	cabo	210	ausência		0,42			3
boa viagem	Recife	08 07' 46"	34 54' 12"	cabo	370	0		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 35"	34 54' 15"	cabo	210	0,55		0,24	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 56"	34 53' 33"	cabo	290	0		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 29"	34 54' 18"	cabo	370	0		0	2,2(NMP/100ml)		4
boa viagem	Recife	08 07' 32"	34 54' 08"	cabo	430	0,02		0,1	1,1 (NMP/100ml)		4
boa viagem	Recife	08 07' 30"	34 54' 14"	cabo	75	0,5		0,12	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 04"	34 54' 09"	cabo	156	0,4		0,08	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 19"	34 54' 19"	cabo	140	3,0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 37"	34 54' 23"	cabo	156	0,4		0,08	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 49"	34 53' 32"	cabo	421	0		0,05	ausente		1
boa viagem	Recife	08 56'59"	34 53' 39"	cabo	320	0		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 41"	34 53' 56"	cabo	365	0,9		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07'11"	34 53' 39"	cabo	219	0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 58"	34 54' 02"	cabo	356	0,1		0,96	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 32"	34 54' 13"	cabo	290	1,3		0,12	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 29"	34 54' 19"	cabo	430	ausente		0,2	ausente		1

boa viagem	Recife	08 06'36"	34 53' 16"	cabo	107	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 06"	34 53' 36"	cabo	342	0,05		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 04"	34 54'06'	cabo	142	2		0,25	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 30"	34 54'00"	cabo	204	3		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 19"	34 54' 01"	cabo	275	ausente		0,08	ausente		1
boa viagem	Recife	08 02'47"	34 54' 26"	cabo	585	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 08"	34 53' 49"	cabo	456	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 00"	34 54' 27"	cabo	230	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 35"	34 54' 12"	cabo	234	0		0,05	ausente		1
boa viagem	Recife	09 06' 39"	34 53' 33"	cabo	486	0		0,01	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 38"	34 53' 54"	cabo	432	0		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 12"	34 52' 52"	cabo	387	0		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 17"	34 53' 59"	cabo	450	0		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08'00"	34 53' 36"	cabo	367	3		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 24"	34 53' 54"	cabo	320	0		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 37"	34 54' 16"	cabo	254	0,05		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 10"	34 54' 30"	cabo	324	0,25		0,05	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 14"	34 54' 07"	cabo	670	0		0,15	ausnte		1
boa viagem	Recife	08 06' 46"	34 53' 12"	cabo	789	0		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 02"	34 54' 00"	cabo	568	0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 09' 33"	34 54' 46"	cabo	675	3		0,3	ausnte		1
boa viagem	Recife	08 07' 14"	34 54' 07"	cabo	1230	0		0,49	ausente		4
boa viagem	Recife	08 08' 07"	34 54' 12'	cabo	1020	0		2	ausente		4
boa viagem	Recife	08 06' 59"	34 53" 34"	cabo	343	0,4		0,5	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 34"	34 54' 09"	cabo	324	0		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 43"	34 53'35"	cabo	467	0		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 50"	34 53' 49"	cabo	645	0			ausente		1

boa viagem	Recife	08 08' 18"	34 54' 11"	cabo	534	0,2			ausente		1
boa viagem	Recife	08 03' 13"	34 55' 35"	cabo	380	0,1		0,58	ausente		3
boa viagem	Recife	08 08' 02"	34 53' 40"	cabo	365	3		0	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 43"	34 53' 06"	cabo	1120	0,3		0,15	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 52"	34 54' 07"	cabo	234	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 14"	34 54' 08"	cabo	89	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 01"	34 54' 12"	cabo	98	ausência		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 39"	34 54' 17"	cabo	432	ausente		0,7	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 40"	34 53' 52"	cabo	1050	traços		0,6	ausente		4
boa viagem	Recife	08 07' 30"	34 53' 55"	cabo	169	0,2		0,47	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 12"	34 53' 41"	cabo	310	0		1,84	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 03"	34 53' 47"	cabo	390	0		1,94	ausente		3
boa viagem	Recife	08 06' 22"	34 52' 50"	cabo	342	ausente		1,89	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 11"	34 54' 00"	cabo	427	ausente		2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 00"	34 53' 57"	cabo	180	1,1		1,38	2 (NMP/100ml)		4
boa viagem	Recife	08 07' 19"	34 53' 59"	cabo	190	ausência		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 31"	34 54' 22"	cabo	243	ausente		0,7	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 37"	34 53' 26"	cabo	211	0,1		0,1	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 42"	34 54' 12"	cabo	160	0,03		0,4	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 05"	34 53' 41"	cabo	354	ausência		0,2	ausência		1
boa viagem	Recife	08 07' 59"	34 54' 08"	cabo	290	0,1		0,93	ausente		3
boa viagem	Recife	08 07' 55"	34 54' 07"	cabo	320	ausente		2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 13"	34 53' 24"	cabo	265	ausente		0,4	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 56"	34 54' 06"	cabo	64	2,52		0,1	1,1 (NMP/100ML)		4
boa viagem	Recife	08 07' 29"	34 53' 58"	cabo	467	3,4		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 06' 43"	34 53' 42"	cabo	369	3,3		0,3	ausente		1

boa viagem	Recife	08 07'07"	34 53' 49"	cabo	430	0		0,05	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 05"	34 54' 04"	cabo	456	Ausente		0,2	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 39"	34 54' 20"	cabo	342	Ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 36"	34 53'58"	cabo	541	ausente		0,3	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 04"	34 54'09"	cabo	370	0		0,11	ausente		1
boa viagem	Recife	08 08' 06"	34 54' 10"	cabo	365	ausência		0,12	ausente		1
boa viagem	Recife	08 07' 06"	34 54'49"	cabo	390	0		0,2	ausente		1
Recife		08 03' 19"	34 52' 24"	beberibe	2193	Ausência	1075	0,3	ausente		4
Recife		08 06' 43"	34 55' 58"	beberibe	198	Auseência	23	8	ausente		1
Recife		08 03' 25"	34 53' 47"	beberibe	191	0	36,5	0,7	ausente		3
Recife		08 06' 37"	34 55' 26"	beberibe	630	0			ausente		1
Recife		08 06' 37"	34 55' 22"	beberibe	1280	0,8	525	0,3	ausente		4
Recife		08 03' 25"	34 54' 00"	beberibe	126	0		0,17	ausente		1
Recife		08 02' 15"	34 54' 10"	beberibe	136	0	15,5	1	ausente		1
Recife		08 02' 23"	34 54' 03"	beberibe	84	0,7	29	0,7	ausente		1
Recife		08 03' 12"	34 54' 06"	beberibe	102	1,2	25	1,6	ausente		1
Recife		08 08' 21"	34 55' 03"	beberibe	142	0,4	23	1,5	ausente		1
Recife		08 06' 37"	34 54' 00"	beberibe	160	0	32	0,42	ausente		3
Recife		07 58'38"	34 54'51"	beberibe	62	1,3	12,5	0,13	ausente		1
Recife		08 06' 07"	34 54' 40"	beberibe	132	2	24,7	0,29	ausente		1
Recife		08 08' 52"	34 54' 50"	beberibe	106	0,1		0,7	ausente		3
Recife		08 08' 46"	34 54' 26"	beberibe	165	0,3		0,2	ausente		1
Recife		08 08' 43"	34 54' 21"	beberibe	238	0,4		0,3	ausente		1
Recife		08 08' 35"	34 54' 21"	beberibe	147	0		0,2	ausente		1
Recife		08 08' 32"	34 54' 20"	beberibe	479	0		0,4	ausente		1
Recife		08 08' 27"	34 54' 31"	beberibe	215	0,4		0,3	ausente		1
Recife		08 03' 19"	34 53' 19"	beberibe	150	0,3		0,1	ausente		1

Recife		08 02' 19"	34 54' 30"	beberibe	108	0,5		0,1	ausente		1
Recife		08 02' 16"	34 53' 53"	beberibe	118	0,4		0,1	ausente		1
Recife		08 02' 54"	34 54' 17"	beberibe	308	0,02		0,2	ausente		1
Recife		08 08 36"	34 54' 18"	beberibe	174	0		0,01	ausente		1
Recife		08 04' 30"	34 53' 43"	beberibe	146	2,82		0,07	ausente		1
Recife		08 08' 16"	34 54' 25"	beberibe	150	3,2		0,3	ausente		1
Recife		08 01'19"	34 55' 27"	beberibe	341	21,6		0,3	ausente		1
Recife		07 59'44"	34 55' 34"	beberibe	267	1,6		0,3	ausente		1
Recife		07 59' 57"	34 55' 16"	beberibe	432	1,15		0,04	ausente		1
Recife		08 02' 32"	34 54' 24"	beberibe	107	1,3		0,17	ausente		1
Recife		08 03' 27"	34 54' 29"	beberibe	347	2		0,23	ausente		1
Recife		08 03' 32"	34 53' 33"	beberibe	305	0,3		0,3	ausente		1
Recife		08 03' 33"	34 53' 50"	beberibe	153	0,05		0,2	ausente		1
Recife		08 02' 26"	34 54' 54"	beberibe	195	2,1		0,1	ausente		1
Recife		08 02'11"	34 55' 26"	beberibe	155	0,2		0,1	ausente		1
Recife		08 02'23"	34 54' 00"	beberibe	85	3		0,23	ausente		1
Recife		08 03' 09"	34 53' 55"	beberibe	119	10		0,04	ausente		1
Recife		08 07' 02"	34 53' 43"	beberibe	411	0,32		0,06	ausente		1
Recife		08 02' 28'	34 52' 22"	beberibe	126	0,02		0,0004	ausente		1
Recife		08 02' 50"	34 54' 14"	beberibe	98	0,12		0,02	ausente		1
Recife		08 03' 46"	34 54' 43"	beberibe	682	10		0,54	ausente		3
Recife		08 02'53"	34 53' 53"	beberibe	120	3		0,63	ausente		3
Recife		08 02' 54"	34 54' 14"	beberibe	215	2		0,06	ausente		1
Recife		08 02' 01"	34 54' 11"	beberibe	74	0,5		0,06	ausente		1
Recife		08 02' 40"	34 53' 32"	beberibe	79	3		0,12	ausente		1
Recife		0802' 52"	34 53' 49"	beberibe	213	0,7	30	0,1	ausente		1
Recife		08 03' 29"	34 34' 40"	beberibe	112	0,05	37,9	0,09	ausente		1

Recife		08 02' 20"	34 55' 11"	beberibe	65	0,03	22	0,3	presença		1
Recife		08 01' 59"	34 54' 21"	beberibe	120	0,03	30	0,17	ausente		1
Recife		08 01' 39"	34 55' 46"	beberibe	114	0,05	12	0,19	ausente		1
Recife		08 02' 33"	34 55' 36"	beberibe	150	0,05	23,4	0,2	ausente		1
Recife		08 02' 23"	34 53' 41"	beberibe	110	0,05	21	0,05	ausente		1
Olinda		08 02' 03"	34 52' 18"	beberibe	103	ausente	27,5	2	ausente	40	1
Olinda		08 01' 12'	34 51' 03"	beberibe	297	ausente	15,9	1,9	ausente	26,9	3
Olinda		07 58' 30"	34 50' 30"	beberibe	138	ausente	28	0,1	ausente	36	1
Olinda		08 01' 50"	34 52' 27"	itamaracá	460	ausente		0,1	ausente	190	1
Olinda		08 01' 51"	34 52' 27"	beberibe	112	0,9		0,1	ausente	14	1
Olinda		07 59' 45"	34 51' 19"	beberibe/itamaracá	180	0,5		0,9	ausente	49	1
Olinda		07 59' 44"	34 50' 50"	beberibe	1500	3		0,69	ausente	699	4
Olinda		07 59' 31"	34 51' 22"	beberibe	160	ausente		0,37	ausente	26,3	3
Olinda		07 59' 11"	34 50' 52"	beberibe	140	0		0,28	ausente	19,9	1
Olinda		07 58' 21"	34 50' 48"	beberibe	75	0		0,71	ausente	17,3	3
Olinda		08 00' 16"	34 52' 26"	beberibe	180	0		0,65	ausente	27,7	3
Olinda		08 00' 16"	34 52' 46"	beberibe	150	0,5		2,09	ausente	33	3
Olinda		08 00' 06"	34 52' 24"	beberibe/itamaracá	290	0,6		0,04	ausente	208	1
Olinda		07 59' 43"	34 52' 35"	beberibe	253	0		0,5	ausente	113	1
Olinda		07 59' 51"	34 51' 37"	beberibe	110	0		0,042	ausente	23,8	1
Olinda		08 00' 35"	34 52' 05"	beberibe	83	ausente		0,36	ausente	16	3
Olinda		07 59' 20"	34 51' 36"	beberibe	230	ausente		0,46	ausente	96	3
Olinda		07 58' 17"	34 50' 56"	beberibe	320	ausente	0,1	0,2	ausente	27,7	1
Olinda		07 58' 53"	34 51' 03"	beberibe	160	ausente		0,89	ausente	59,5	3
Olinda		07 57' 52"	34 50' 50"	beberibe	260	0		0,13	ausente	129	1
Olinda		07 57' 36"	34 51' 23"	beberibe	153	0,4		0,21	ausente	33	1
Olinda		07 58' 56"	34 50' 11"	itamaracá	592	0,3		0,3	ausente	226	1

Olinda		07 58' 02"	34 49' 57"	itamaracá	658	0		0,5	ausente	234	1
Olinda		07 58' 41"	34 50' 21"	itamaracá	374	0		0,2	ausente	280	1
Olinda		07 59' 54"	34 50' 53"	beberibe	130	2,6		0,1	ausente	19	1
Olinda		07 58' 45"	34 50' 49"	itamaracá	380	2,5		0,3	ausente	200	1
Olinda		07 59' 17"	34 53' 15"	itamaracá	295	2,1		0,16	ausente	210	1
Olinda		08 00' 23"	34 51' 42"	beberibe	83	3		0,26	ausente	30,4	1
Olinda		08 00' 13"	34 50' 53"	beberibe	86	1,9		0,09	ausente	38,5	1
Olinda		08 00' 25"	34 52' 01"	beberibe	178	2,5		0,12	ausente	43,9	1
Olinda		07 57' 54"	34 50' 19"	beberibe	119	2,4		0,23	ausente	33	1
Olinda		07 59' 36"	34 50' 24"	itamaracá	2390	0		0,045	ausente	1006,7	4
Olinda		08 00' 18"	34 52' 53"	beberibe	115	0		0,1	ausente	39,7	1
Olinda		07 58' 00"	34 50' 22"	beberibe	92	Ausente		0,06	ausente	40,8	1
Olinda		08 01' 56"	34 52' 14"	beberibe	89	Ausente		0,17	ausente	38,13	1
Olinda		08 01' 58"	34 52' 14"	beberibe	99	Ausente		0,17	ausente	37	1
Olinda		08 00' 45"	34 51' 26"	itamaraca	2192	Ausente		0,12	ausente	1358	4
Olinda		08 00' 01"	34 53' 57"	beberibe	132	1,9		0,3	ausente	58	1
Olinda		08 00' 00"	34 53' 58"	beberibe	124	1,8		0,3	ausente	38	1
Olinda		08 00' 01"	34 53' 54"	beberibe	123	2,1		0,3	ausente	52	1
Olinda		08 00' 11"	34 53' 45"	beberibe/itamaracá	283	2,3		1,3	ausente	122	1
Olinda		08 00' 02"	34 53' 41"	beberibe	214	0		0,1	ausente	49	1
Olinda		08 01' 51"	34 52' 08"	itamaracá	542	Ausente		0,02	ausente	188	1
Olinda		08 00' 16"	34 52' 37"	beberibe	320	Ausente		0,03	ausente	15	1
Olinda		08 00' 08"	34 53' 13"	beberibe	36	Ausente		0,02	ausente	182	1
Olinda		08 00' 04"	34 53' 20"	beberibe	32	Ausente		0,02	ausente	12,6	1
Abreu e Lima		07 55' 46"	34 53' 12"	beberibe	218	ausente	12,4	0,1	ausente	32	1
Abreu e Lima		07 54' 50"	34 54' 19"	beberibe	152	1,5		0,25	ausente	43	1
Abreu e Lima		07 56' 12"	34 53' 40"	beberibe	110	1,5	17	0,8	ausente	53	3

Paulista		07 55' 36"	34 49' 37"	itamaracá	487	2		0,4	ausente	472	1
Paulista		07 56' 56"	34 53' 40"	itamaracá	218	1,3		0,1	ausente	182	1
Paulista		07 56' 58"	34 52' 03"	beberibe	230	1,5		0,2	ausente	29,2	1
Paulista		07 56' 52"	34 51' 24"	beberibe	230	1,4		0,08	ausente	58,4	1
Paulista		07 57' 11"	34 52' 10"	itamaracá	370	3		0,17	ausente	196	1
Paulista		07 55' 54"	34 53' 35"	beberibe	340	2		0,39	ausente	22,8	3
Paulista		07 56' 21"	34 53' 40"	beberibe	465	2		0,17	ausente	16,9	1
Paulista		07 56' 13"	34 53' 26"	beberibe	387	3,2		1,65	ausente	40	3
Paulista		07 56' 21"	34 53' 22"	beberibe	645	1,3		0,1	ausente	101,7	1
Paulista		07 55' 33"	34 53' 31"	itamaracá	330	1,4		1,19	ausente	223	1
Paulista		07 57' 31"	34 53' 31"	beberibe	360	2		0,1	ausente	35	1
Paulista		07 57' 04"	34 53' 53"	beberibe	248	1,8		2,25	ausente	11,5	1
Paulista		07 57' 15"	34 53' 52"	beberibe	420	2,1		0,02	ausente	10,5	1
Paulista		07 56' 02"	34 53' 54"	itamaracá	365	6,7		0,15	ausente	201	1
Paulista		07 57' 11"	34 52' 38"	beberibe	451	0,8		6	ausente	54	1

ANEXO III – TABELA DE CÁLCULO DA VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS  
BEBERIBE E CABO PELO MÉTODO GOD

**PARÂMETROS PARA CÁLCULO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFERO PELO MÉTODO GOOD**

Poços	Coordenadas		Tipo de Aquífero		índice	Nível Estático ou Topo da Camada Confinante (m)	Litologia da Zona Vadosa		Vulnerabilidade do Aquífero		Aquífero
	UTM (Norte/Sul)	UTM (Leste/Oeste)	Tipo	Índice			Litologia	Índice	Total	Classificação	
1	9124091	289593	confinado	0,2	0,6	72	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
2	9123260	290547	confinado	0,2	0,6	99	argilas e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
3	9126305	290073	confinado	0,2	0,6	82	areias e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
4	9125130	288302	confinado	0,2	0,8	27	areias e argilas	0,4	0,064	desprezível	beberibe
5	9122343	290398	confinado	0,2	0,6	99	arenitos e calcáreos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
6	9123231	345424	confinado	0,2	0,6	120	calcáreos, argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
7	9136154	286872	livre-coberto	0,6	0,6	88	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
8	9133337	288969	livre-coberto	0,6	0,7	177	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
9	9133634	289910	livre-coberto	0,6	0,6	110	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
10	9129444	289562	livre-coberto	0,6	0,6	90	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
11	9129845	289536	livre-coberto	0,6	0,6	92	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
12	9130610	288020	Livre-coberto	0,6	0,7	20,05	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
13	9130282	289280	livre-coberto	0,6	0,6	51	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
14	9130400	288986	livre-coberto	0,6	0,6	60	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
15	9130610	288045	Livre-coberto	0,6	0,6	21	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
16	9131003	288712	livre-coberto	0,6	0,6	83	arenitos e argilas	0,7	0,252	baixa	beberibe
17	9123082	298326	confinado	0,2	0,6	200	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
18	9123989	298112	confinado	0,2	0,6	260	argilas e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
19	9124093	296294	confinado	0,2	0,6	96	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
20	9119197	287808	confinado	0,2	0,6	69	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
21	9119228	287992	confinado	0,2	0,6	66	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
22	9122277	289479	confinado	0,2	0,6	60	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
23	9125080	298500	confinado	0,2	332	102	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe

24	9124870	298994	confinado	0,2	0,6	170	argilas e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
25	9127538	297787	confinado	0,2	350	285	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
26	9128245	297937	confinado	0,2	360	210	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
27	9125444	296847	confinado	0,2	337	172	arenito calcífero	0,7	0,084	desprezível	beberibe
28	9129534	297595	confinado	0,2	300	68	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
29	9117721	294400	confinado	0,2	200	82	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
30	9131134	288670	livre-coberto	0,6	0,6	53	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
31	9133000	289200	livre-coberto	0,6	0,6	126	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
32	9132000	289500	livre-coberto	0,6	0,6	151	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
33	9130500	296500	confinado	0,2	0,6	89	calcáreos, argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
34	9137211	289656	livre-coberto	0,6	0,6	38	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
35	9133031	289368	confinado	0,2	0,6	132	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
36	9139983	291022	livre-coberto	0,6	0,6	159	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
37	9136690	289903	livre-coberto	0,6	0,6	152	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
38	9119304	287987	confinado	0,2	0,6	69	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
39	9123300	290900	confinado	0,2	163	96	arenitos calcíferos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
40	9123250	290850	confinado	0,2	0,6	75	calcáreos, arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
41	9122600	292000	confinado	0,2	0,6	100	calcáreos, arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
42	9122500	292000	confinado	0,2	286	80	arenitos calcíferos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
43	9123300	295200	confinado	0,2	202	120	arenitos calcíferos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
44	9119208	291651	confinado	0,2	0,6	86	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
45	9117614	290848	confinado	0,2	0,7	24	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
46	9115631	292069	confinado	0,2	0,6	108	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
47	9117079	290155	confinado	0,2	0,6	132	calcáreos, arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
48	9113550	293440	confinado	0,2	0,7	20	arenitos	0,7	0,112	baixa	beberibe
49	9115975	296025	confinado	0,2	0,6	102	calcáreos, arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
50	9112649	293719	confinado	0,2	0,6	94	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe

51	9115802	295205	confinado	0,2	0,6	144	argilas	0,9	0,108	desprezível	beberibe
52	9111500	293808	confinado	0,2	0,6	150	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
53	9111450	293700	confinado	0,2	0,7	30	arenitos e argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
54	9113000	296000	confinado	0,2	0,6	150	argila	0,4	0,48	desprezível	beberibe
55	9118000	297000	confinado	0,2	0,6	240	calcáreos	0,9	0,108	baixa	beberibe
56	9117781	286886	confinado	0,2	0,6	270	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
57	9115435	296300	confinado	0,2	0,6	200	calcáreos	0,9	0,108	baixa	beberibe
58	9116430	295419	confinado	0,2	0,6	130	calcáreos	0,9	0,108	baixa	beberibe
59	9116733	296347	confinado	0,2	0,6	170	calcáreos	0,9	0,108	baixa	beberibe
60	9118274	296443	confinado	0,2	0,6	255	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
61	9113375	295310	confinado	0,2	0,6	140	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
62	9118919	295204	confinado	0,2	0,6	150	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
63	9115039	295359	confinado	0,2	0,6	150	calcáreos	0,9	0,108	baixa	beberibe
64	9115520	294949	confinado	0,2	0,6	80	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
65	9115859	291953	confinado	0,2	0,6	80	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
66	9115634	292065	confinado	0,2	0,6	110	calcáreos,arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
67	9116470	294979	confinado	0,2	0,6	175	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
68	9117020	294520	confinado	0,2	0,6	70	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
69	9118204	296472	livre-coberto	0,6	0,6	75	arenitos	0,7	0,252	baixa	beberibe
70	9118830	296139	confinado	0,2	0,6	200	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
71	9117770	295879	live-coberto	0,6	0,6	70	arenitos calcíferos	0,7	0,252	baixa	beberibe
72	9139302	296970	confinado	0,2	0,6	270	calcáreos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
73	9096152	287734	confinado	0,2	0,7	22	argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
74	9092233	284201	confinado	0,2	0,6	76	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
75	9094900	288190			1100						beberibe
76	9096300	280400	confinado	0,2	0,6	117	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
77	9096199	280300	confinado	0,2	0,6	121	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe

78	9096000	280200	confinado	0,2	0,6	137	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
79	9096854	286872	confinado	0,2	0,6	100	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
80	9095203	288656	confinado	0,2	0,6	88	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
81	9096360	286262	confinado	0,2	0,7	36,76	argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
82	9093091	283829	confinado	0,2	0,6	38	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
83	9093183	283829	confinado	0,2	0,7	40	argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
84	9092876	283922	confinado	0,2	0,7	38	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
85	9096512	286109	confinado	0,2	0,6	103	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
86	9096451	286170	confinado	0,2	0,6	139	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
87	9095729	288880	confinado	0,2	150	108	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
88	9095378	286543	confinado	0,2	0,6	102	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
89	9096219	289019	confinado	0,2	0,6	103	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
90	9094632	284863	confinado	0,2	0,6	81	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
91	9097232	288758	confinado	0,2	0,6	62	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
92	9094828	237341	confinado	0,2	0,6	70	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
93	9093906	284731	confinado	0,2	0,6	68	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
94	9092937	288770	confinado	0,2	0,6	108	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
95	9094580	288585	confinado	0,2	0,6	45	argilas, calcários	0,4	0,048	desprezível	beberibe
96	9049423	287451	confinado	0,2	0,7	24	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
97	9099243	288448	confinado	0,2	0,6	66	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
98	9096900	286903	confinado	0,2	0,6	90	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
99	9096634	283004	livre	1	0,7	30	arenitos	0,7	0,49	moderada	beberibe
100	9095825	288821	confinado	0,2	0,7	26	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
101	9098032	289570	confinado	0,2	0,6	84	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
102	9095708	288727	confinado	0,2	0,6	60	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
103	9095260	285628	confinado	0,2	0,6	101	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
104	9096901	286946	confinado	0,2	97	45	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe

105	9094325	287996	confinado	0,2	0,7	25	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	beberibe
106	9097026	288730	confinado	0,2	0,6	87	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
107	9096373	289048	confinado	0,2	0,6	80	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
108	9096573	285333	confinado	0,2	0,6	90	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
109	9096573	285964	confinado	0,2	0,6	90	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
110	9096650	285900	confinado	0,2	0,6	90	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
111	9098344	282333	confinado	0,2	0,6	80	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
112	9098370	282403	confinado	0,2	0,7	38	argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
113	9100433	289917	confinado	0,2	0,7	42	argilas	0,4	0,056	desprezível	cabo
114	9114410	289148	livre-coberto	0,6	0,7	36	arenitos	0,7	0,294	baixa	beberibe
115	9107012	290530	confinado	0,2	0,6	68	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
116	9098802	289221	confinado	0,2	0,7	45	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
117	9105442	290047	confinado	0,2	0,7	42	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	beberibe
118	9112724	289952	confinado	0,2	0,7	30	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
119	9114355	289744	confinado	0,2	0,7	31	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
120	9108896	292665	confinado	0,2	0,7	36	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
121	9106194	289780	confinado	0,2	0,7	33	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
122	9109271	288139	confinado	0,2	0,7	39	arenitos	0,7	0,056	desprezível	beberibe
123	9107915	291357	confinado	0,2	0,7	33	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	beberibe
124	9109330	290873	confinado	0,2	0,6	82	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
125	9109800	292000	confinado	0,2	0,6	78	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
126	9109334	291149	confinado	0,2	0,7	24	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
127	9101600	289800	confinado	0,2	0,7	42	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	cabo
128	9101600	290000	confinado	0,2	0,6	72	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
129	9101700	290200	confinado	0,2	0,7	25	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabo
130	9112344	291425	confinado	0,2	0,6	71	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
131	9111500	290500	confinado	0,2	0,6	121	arenitos	0,7	0,085	desprezível	beberibe

132	9108161	291714	confinado	0,2	0,6	102	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
133	9999800	288700	confinado	0,2	0,7	48	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
134	9109000	293700	confinado	0,2	0,6	158	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
135	9108925	290954	confinado	0,2	98	78	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
136	9103928	289400	confinado	0,2	0,7	39	argilas e arenitos	0,4	0,56	desprezível	cabo
137	9107383	287484	confinado	0,2	0,7	48	argilas	0,4	0,56	desprezível	beberibe
138	9110833	292931	confinado	0,2	0,7	33	argilas, arenitos calcíferos	0,4	0,56	desprezível	beberibe
139	9112542	290474	confinado	0,2	0,7	23	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
140	9102000	286000	confinado	0,2	0,6	102	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
141	9109300	291500	confinado	0,2	0,6	78	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
142	9108000	291300	confinado	0,2	0,6	114	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
143	9112200	290100	confinado	0,2	0,6	75	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
144	9108500	292500	confinado	0,2	0,6	90	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
145	9108900	345400	confinado	0,2	0,6	90	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
146	9110800	290500	confinado	0,2	0,6	72	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
147	9109300	290400	confinado	0,2	0,6	98	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
148	9100672	289900	confinado	0,2	0,6	131	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
149	9101149	290603	confinado	0,2	0,6	73	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
150	9102066	290981	confinado	0,2	0,6	92	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
151	9102109	291133	confinado	0,2	0,6	67	argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
152	9102535	291520	confinado	0,2	0,6	65	argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
153	9102896	289290	confinado	0,2	0,6	53	argilas e areias	0,4	0,048	desprezível	cabo
154	9102973	291755	confinado	0,2	0,6	61	argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
155	9103920	289432	confinado	0,2	0,6	53	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
156	9103952	281874	confinado	0,2	0,6	158	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
157	9105191	292376	confinado	0,2	0,6	120	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
158	9106294	291089	confinado	0,2	0,6	99	argilas	0,4	0,048	desprezível	baberibe

159	9108778	291956	confinado	0,2	0,6	124	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
160	9109657	293380	confinado	0,2	0,6	62	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
161	9110536	289881	confinado	0,2	0,7	43	argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
162	9110544	289644	confinado	0,2	0,6	75	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
163	9111187	288318	confinado	0,2	0,6	30	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
164	9111665	293034	confinado	0,2	0,6	105	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
165	9109097	289723	confinado	0,2	119	70	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
166	9110206	290300	confinado	0,2	120	82	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
167	9110734	291523	confinado	0,2	0,6	81	argilas e arenitos calcíferos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
168	9109101	290642	confinado	0,2	0,7	30	argilas e arenitos calcíferos	0,4	0,056	desprezível	beberibe
169	9109807	290424	confinado	0,2	0,6	72	argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
170	9112149	287614	confinado	0,2	0,7	25	arenitos	0,7	0,98	desprezível	beberibe
171	9112905	287874	confinado	0,2	0,7	40	argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
172	9112949	291965	confinado	0,2	0,6	49	calcáreos e argilas	0,4	0,48	desprezível	beberibe
173	9113026	290115	confinado	0,2	0,7	44	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	beberibe
174	9114465	290112	livre-coberto	0,6	0,7	38	arenitos	0,7	0,294	baixa	beberibe
175	9112618	288967	confinado	0,2	0,7	40	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
176	9100274	289883	confinado	0,2	0,7	40	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabo
177	9104400	291800	confinado	0,2	0,6	92	areias	0,7	0,084	desprezível	cabo
178	9110920	290810	confinado	0,2	0,6	51	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
179	9103054	291770	confinado	0,2	0,7	45	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	cabo
180	9101051	290676	confinado	0,2	0,6	137	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
181	9111038	290817	confinado	0,2	0,7	35	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
182	9106615	289989	confinado	0,2	0,6	108	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
183	9110190	286993	confinado	0,2	0,7	46	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabo
184	9103858	289223	confinado	0,2	0,6	115	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
185	9101326	290403	confinado	0,2	0,6	54	argilas e arenitos	0,4	0,084	desprezível	cabo

186	9110732	291247	confinado	0,2	0,6	61	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
187	9099390	290120	confinado	0,2	0,6	97	arenitos	0,7	0,084	desprezível	beberibe
188	9110794	291247	confinado	0,2	0,6	60	calcários e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
189	9099480	289860	confinado	0,2	0,6	64	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
190	9111833	290139	confinado	0,2	108	70	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
191	9104315	292287	confinado	0,2	0,7	45	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabo
192	9108717	291808	confinado	0,2	0,7	39	argilas e arenitos	0,4	0,56	desprezível	bebe
193	9110273	291586	confinado	0,2	0,6	64	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
194	9100351	290248	confinado	0,2	0,6	98	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
195	9099981	289901	confinado	0,2	0,6	78	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
196	9102542	290981	confinado	0,2	0,6	72	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
197	9101399	290761	confinado	0,2	0,6	86	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
198	9102342	290796	confinado	0,2	0,6	127	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
199	9110335	291739	confinado	0,2	0,6	54	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
200	9112233	290169	confinado	0,2	0,7	47	arenitos calcíferos e argilas	0,4	0,056	desprezível	beberibe
201	9101051	290670	confinado	0,2	0,6	75	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
202	9111886	288332	confinado	0,2	0,6	54	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe
203	9103389	291373	confinado	0,2	0,6	52	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
204	9111197	292010	confinado	0,2	0,6	86	arenitos calcíferos e argilas	0,4	0,048	desprezível	beberibe
205	9111281	290219	confinado	0,2	0,7	37	arenitos	0,7	0,098	desprezível	beberibe
206	9101198	280599	confinado	0,2	0,6	125	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
207	9102188	290797	confinado	0,2	0,6	60	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
208	9100343	290377	confinado	0,2	0,6	91	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
209	9101205	290710	confinado	0,2	0,6	125	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
210	9102189	290981	confinado	0,2	0,6	91	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
211	9101420	290709	confinado	0,2	0,6	93	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabo
212	9108207	289942	confinado	0,2	120	86	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	beberibe

213	9102133	290766	confinado	0,2	0,6	62	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
214	9103008	280964	confinado	0,2	0,7	50	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabo
215	9101423	290096	confinado	0,2	0,6	80	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
216	9101331	290097	confinado	0,2	0,6	58	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
217	9100534	290560	confinado	0,2	0,6	127	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
218	9101982	291288	confinado	0,2	0,6	86	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
219	9101058	290772	confinado	0,2	0,6	144	arenitos, argilas e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	cabo
220	9101216	291781	confinado	0,2	0,6	84	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
221	9101730	290095	confinado	0,2	0,6	64	areias e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
222	9102193	290368	confinado	0,2	0,6	72	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
223	9101393	290219	confinado	0,2	0,6	97	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
224	9101333	290403	confinado	0,2	0,6	93	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
225	9101423	290096	confinado	0,2	0,6	100	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
226	9102444	291469	confinado	0,2	0,6	98	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
227	9099396	290198	confinado	0,2	0,6	100	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
228	9100871	290282	confinado	0,2	0,6	62	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
229	9102626	291101	confinado	0,2	0,6	100	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
230	9101027	290741	confinado	0,2	132	60	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
231	9099858	290532	confinado	0,2	0,6	88	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
232	9102872	291008	confinado	0,2	0,6	89	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
233	9102720	291407	confinado	0,2	0,6	86	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabo
234	9098995	289924	confinado	0,2	0,6	90	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
235	9104322	292287	confinado	0,2	0,6	95	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
236	9100411	290407	confinado	0,2	0,6	92	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
237	9102441	290857	confinado	0,2	0,6	80	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
238	9100992	289823	confinado	0,2	0,6	100	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabo
239	9102413	291439	confinado	0,6	0,7	34	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabo

240	9101578	290279	confinado	0,2	0,6	100	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
241	9101612	291044	confinado	0,2	0,6	100	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
242	9102782	291560	confinado	0,2	0,6	78	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
243	9102872	291039	confinado	0,2	0,6	96	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
244	9100901	290221	confinado	0,2	0,6	108	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
245	9102874	291528	confinado	0,2	0,6	68	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
246	9102011	291012	confinado	0,2	0,6	78	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
247	9100624	289977	confinado	0,2	0,6	93	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
248	9104075	292135	confinado	0,2	0,6	91	argilas e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	cabos
249	9101273	290862	confinado	0,2	168	90	arenitos, argilas e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	cabos
250	9100969	291599	confinado	0,2	0,6	90	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
251	9101058	290741	confinado	0,2	0,6	110	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
252	9103921	291922	confinado	0,2	0,6	60	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
253	9104075	292043	confinado	0,2	0,6	50	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
254	9102503	290948	confinado	0,2	0,6	100	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
255	9102319	291011	confinado	0,2	0,6	61	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
256	9101699	289911	confinado	0,2	0,6	80	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
257	9101918	290798	confinado	0,2	0,6	120	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
258	9101210	290587	confinado	0,2	0,6	126	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
259	9102125	289144	Livre	1	0,6	102	arenitos	0,7	0,42	moderada	cabos
260	9100288	290346	confinado	0,2	0,6	104	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
261	9101211	290710	confinado	0,2	0,6	94	arenitos	0,7	0,048	desprezível	cabos
262	9092936	288667	confinado	0,2	0,7	36 piedade	arenitos, argilas e calcáreos	0,4	0,056	desprezível	cabos
263	9095210	288656	confinado	0,2	0,7	40	arenitos e arenitos calcíferos	0,7	0,098	desprezível	cabos
264	9094625	288536	confinado	0,2	0,7	50	arenitos e calcáreos	0,7	0,098	desprezível	cabos
265	9094196	288630	confinado	0,2	0,7	50	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
266	9096624	288894	confinado	0,2	0,7	26	argilas e arenitos	0,4	0,056	desprezível	cabos

267	9094962	288351	confinado	0,2	0,6	112	arenitos e calcáreos	0,7	0,084	desprezível	cabos
268	9095918	288959	confinado	0,2	0,6	66	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
269	9094841	288597	confinado	0,2	0,6	80	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
270	9094748	288566	confinado	0,2	0,6	95	argilas e arenitos	0,4	0,048	desprezível	cabos
271	9094835	287341	confinado	0,2	0,7	35	argilas	0,4	0,056	desprezível	cabos
272	9098591	288946	confinado	0,2	0,6	88	argilas,arenitos e calcáreos	0,4	0,048	desprezível	cabos
273	9094011	288570	confinado	0,2	0,6	92	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
274	9093097	283829	confinado	0,2	0,7	38 prazeres	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabos
275	9093189	283829	confinado	0,2	0,7	37	arenitos	0,7	0,098	desprezível	cabos
276	9093220	283890	livre	0,6	0,7	39	arenitos	0,7	0,49	moderada	cabos
277	9092882	283922	confinado	0,2	0,6	78	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
278	9096366	286262	confinado	0,2	0,6	69	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
279	9096396	286109	confinado	0,2	0,6	100	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
280	9096366	286262	confinado	0,2	0,6	102	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
281	9096336	286354	confinado	0,2	0,6	81	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
282	9098143	285182	livre	1	0,7	23	arenitos	0,7	0,49	moderada	cabos
283	9094210	285201	confinado	0,2	0,6	62	arenitos e argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
284	9098199	284049	livre	1	0,7	38	arenitos	0,7	0,49	moderada	cabos
285	9094638	284863	confinado	0,2	0,6	110	argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos
286	9092513	283863	livre	1	0,7	35	arenitos	0,7	0,49	moderada	cabos
287	9097812	286745	livre	0,6	0,6	108	arenitos	0,7	0,42	moderada	cabos
288	9096985	287300	confinado	0,2	0,6	108	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
289	9097044	286749	confinado	0,2	0,6	90	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
290	9097238	288738	confinado	0,2	0,6	60	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
291	9097198	286748	confinado	0,2	0,6	66	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
292	9093900	284744	confinado	0,2	0,6	92	arenitos	0,7	0,084	desprezível	cabos
293	9096798	286628	confinado	0,2	0,6	55	argilas	0,4	0,048	desprezível	cabos



ANEXO IV:  
MAPA GEOLÓGICO  
MAPA DE CARGA CONTAMINANTE  
MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO  
MAPAS DE DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS BEBERIBE E CABO