



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

**PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE – PRODEMA**

CURSO DE MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente

ANNY JACQUELLINE CYSNE ROSAS

**SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE PRODUTORA DE ÁGUA ENVASADA EM
FORTALEZA, CE**

FORTALEZA, CEARÁ

2008

ANNY JACQUELLINE CYSNE ROSAS

**SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE PRODUTORA DE ÁGUA ENVASADA EM
FORTALEZA, CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, sob orientação do Prof. Dr. José Carlos de Araújo.

FORTALEZA, CEARÁ

2008

R714s Rosas, Anny Jacqueline Cysne
Sustentabilidade da atividade produtora de água envasada em
Fortaleza, Ce / Anny Jacqueline Cysne Rosas, 2008.
186 f. ; il. color. enc.

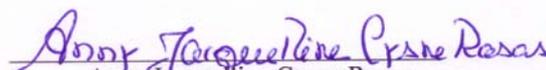
Orientador : Prof. Pós Dr. José Carlos de Araújo
Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Pró-
Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza, 2008.

1.Fortaleza 2. Água envasada 3. Sustentabilidade 4.Vulnerabilidade
5. DRASTIC I. Araújo, José Carlos de (orient.) II. Universidade Federal
do Ceará – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e
Meio Ambiente – PRODEMA III. Título

CDD 363.7

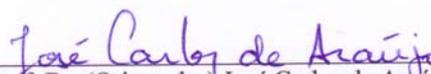
Dissertação submetida à banca examinadora como requisito obrigatório à defesa de
dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

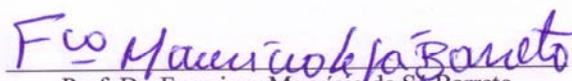
SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE PRODUTORA DE ÁGUA ENVASADA EM
FORTALEZA, CE

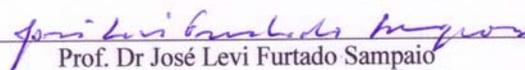

Anny Jacqueline Cysne Rosas

Dissertação aprovada em: 06/06/2008

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. (Orientador) José Carlos de Araújo
Universidade Federal do Ceará - UFC


Prof. Dr. Francisco Maurício de Sá Barreto
Faculdade de Tecnologia CENTEC - FATEC


Prof. Dr José Levi Furtado Sampaio
Universidade Federal do Ceará - UFC

Com amor

Ao meu marido Luciano Graziano, por não medir esforços a concretização do meu sonho;

Às minhas filhas Kátia Lohana, Renata Évelin, e Nádia Liz, por acreditarem em mim mais do que eu mesma;

Aos meus pais Cláudio e Auzeni, por me fazerem ser o que sou, pelo apoio e compreensão de minhas ausências.

AGRADECIMENTOS

Quero registrar os meus sinceros agradecimentos àqueles que foram indispensáveis à realização dessa pesquisa.

Ao meu Senhor e meu Deus, por ter me capacitado e permitido a conclusão de minha pesquisa.

Ao professor e orientador José Carlos de Araújo pelos ensinamentos, profissionalismo, figura humana e participação efetiva a cada etapa dessa dissertação.

Ao professor Levi Furtado pela participação no exame de qualificação, pelas sugestões, incentivo e apoio em um momento difícil de transição.

Ao professor Rogério César de Araújo por participar no exame de qualificação, pela colaboração e sugestões valiosas.

Ao professor Maurício Barreto (FATEC - Sobral) por todos os conhecimentos, informações e dados necessários que me direcionaram no caminho certo da pesquisa.

Ao professor Itabaraci Cavalcante por sua disponibilidade e paciência em partilhar seus conhecimentos.

Ao professor César Veríssimo pela sua receptividade e ensinamentos no campo da Geologia.

À professora Sônia Vasconcelos pela sua presteza e ajuda na construção de conhecimentos.

Ao professor George Satander (Departamento de Geologia – UFC) pela permissão ao uso dos softwares utilizados na aplicação do Índice DRASTIC.

Ao professor José Ferreira de Sousa (UECE) por sua atitude prestimoniosa.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola, na pessoa do professor Claudivan Lacerda, sempre atencioso e receptivo.

À amiga Laudemira Rabelo, por ter acreditado que estaríamos juntas no PRODEMA, disponibilizando seus conhecimentos, sua casa e seu tempo.

Ao Sr. Vicente, proprietário da Mineradora Límpida, por ter aberto literalmente as portas de sua empresa, ensinando-me o processo de produção, além de ter sido um facilitador de contatos para obtenção de dados necessários.

À empresa Soma Contabilidade que contribuiu com informações e fornecimento de dados.

À Solução Envase, na pessoa de Wilson Porcel, pela sua generosidade em transmitir seus conhecimentos de consultoria e sua disponibilidade sempre que solicitado.

Ao Ronaldo Gomes por sua paciência na transmissão de seus conhecimentos.

Ao Asdrúbal Arraes pela sua boa vontade e tempestividade.

Ao LACEN, na pessoa de Cristina, pela sua amabilidade e presteza em suas informações preciosas e indispensáveis;

À SEFAZ, nas pessoas de Wilca Hempel, Frutuoso Júnior, Eliezer e Aníbal Galeno;

Ao SINDBEBIDAS, na pessoa de Aurélia;

Ao CPRM, nas pessoas de Liano Veríssimo, José Alberto e Geovana;

À SOHIDRA, nas pessoas de Carlos A. Maia, Alfredo e Rosângela;

À COGERH, nas pessoas de Nice Cavalcanti, Quesado Júnior, Zulene e Fátima;

Ao DNPM, nas pessoas de Roberto Parente, Cristiano Alves e Fernando;

À SEINF, na pessoa de Gláúmer;

À SEMAM, nas pessoas de Pedro de Oliveira e Ilka;

À FUNCEME, nas pessoas de Eisenhower e Gilberto Möbus;

À SESA/NUVIS, nas pessoas de Ângela Mourão e Milena;

Ao Carlos Eduardo de Oliveira;

À coordenação e professores do PRODEMA;

Aos colegas do PRODEMA, em especial Anna Érika e Danielle;

E a todos que colaboraram de alguma forma, com seus escritos, idéias, críticas e questionamentos fazendo-me chegar aqui.

“A água não é somente uma herança dos nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como uma obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.” (ONU, 1992).

RESUMO

A presente pesquisa analisa a atividade de produção de água envasada no Município de Fortaleza, diferenciando a água mineral da água potável de mesa, esta última comercializada como água adicionada de sais. A motivação para este trabalho surgiu da perspectiva de crescimento acelerado da atividade econômica de envasamento de água potável, sabendo-se que em Fortaleza a degradação ambiental é observada com grande intensidade, com conseqüências para os recursos hídricos. A sustentabilidade foi analisada sob dois aspectos: o financeiro e o ambiental. A pesquisa foi dividida em três etapas. Na primeira foi realizada a caracterização da atividade em Fortaleza, inclusive a análise qualitativa da água envasada, considerando as Resoluções da ANVISA. No segundo momento foi realizada a análise de sustentabilidade financeira a partir de levantamento dos custos de investimento e dos custos de operação, administração e manutenção (OAM) da atividade. Na terceira etapa foi avaliada a sustentabilidade ambiental da atividade através da análise de vulnerabilidade dos aquíferos de Fortaleza aplicando o Índice DRASTIC. Como resultado da etapa de caracterização, foram analisadas no ano de 2007, 23 marcas de água adicionada de sais e cinco de água mineral, encontrando-se presença de coliformes totais com ausência de outros microrganismos. No entanto, a qualidade da água envasada de Fortaleza está dentro do limite aceitável da legislação. Os resultados da segunda etapa indicaram que a sustentabilidade financeira da atividade será dada sempre que for possível arrecadar pelo menos R\$ 1,36 por garrafão de 20 litros, o que corresponde aos custos totais de investimento e OAM. A sustentabilidade ambiental pode ser obtida, em Fortaleza, de modo relativamente simples, pois a vulnerabilidade dos seus aquíferos é baixa e a atividade é pouco poluente. A análise do Índice DRASTIC para Fortaleza demonstrou que seus aquíferos têm vulnerabilidade regional baixa (cerca de metade da área, predominantemente no setor centro-sul da cidade), intermediária (predominantemente no centro do município) ou alta (na região costeira norte). As áreas de exploração de águas subterrâneas para envase em Fortaleza localizam-se principalmente em regiões com vulnerabilidade baixa: das nove fontes analisadas, sete localizam-se na área de baixa vulnerabilidade, duas na região de vulnerabilidade intermediária e nenhuma na área de vulnerabilidade alta. Isso é muito positivo para a qualidade da água, embora não signifique que não haja risco de poluição, principalmente diante do cenário ambiental da cidade de Fortaleza. Quanto à atividade de envase de água em si, avaliou-se que esta pode ser realizada sem ocasionar grandes impactos negativos ao meio ambiente.

Palavras-chave: Fortaleza. Água envasada. Sustentabilidade. Vulnerabilidade. DRASTIC.

ABSTRACT

This study examines the activity of producing bottled water in the city of Fortaleza, discriminating between mineral water and the table drinking water, the latter marketed as "water with added salts". The subject of this work was inspired by the prospect of accelerated growth of the economic activity of bottling drinking water, given that in Fortaleza environmental degradation is observably happening at a very accelerated pace, with deleterious consequences for water resources. Sustainability was examined in two respects: the financial and the environmental. The research was divided into three stages. The first was the characterization of the activity held in Fortaleza, including the qualitative analysis of the bottled water, considering the resolutions of ANVISA. In the second stage, the analysis of financial sustainability was carried out, by the assessment of investment costs and costs of operation, administration and maintenance (OAM) of the activity. In the third stage the environmental sustainability of the activity was assessed through the analysis of vulnerability of the aquifers of Fortaleza, applying the index DRASTIC. During the stage of characterization, 23 brands of salt-added water, and five of mineral water, were examined (in 2007), being observed the presence of coliform bacteria but no other microorganisms. The quality of bottled water of Fortaleza, however, was verified to be within the acceptable limits of the local legislation. The results of the second stage indicated that the financial sustainability of the activity would be met as long as it was possible to collect at least R\$ 1.36 per 20 liters bottle, which would correspond to the total costs of investment and OAM. As for environmental sustainability of the activity, it can be easily satisfied (in Fortaleza) given the low average vulnerability of the Fortaleza aquifers and the low pollution potential of the activity. The analysis of DRASTIC Index for the aquifers of Fortaleza has shown that their regional vulnerability is low (about half the area, predominantly in central-southern sector of the city), intermediate (predominantly in the centre of the city) or high (in the northern coastal region). The areas of exploitation of groundwater for bottling in Fortaleza are mainly located in regions with low vulnerability: the nine sources analyzed, seven are located in downtown area of low vulnerability, two in the region of intermediate vulnerability and none in the area of high vulnerability. This, of course, is very positive for bottled water quality, but does not mean that there is no risk of pollution, especially considering the environmental scenario of the city of Fortaleza. As for the activity of water bottling, it was concluded that, in this case, it can be exerted without causing serious damage to the environment.

Keywords: Fortaleza. Bottled water. Sustainability. Vulnerability. DRASTIC.

LISTA DE FIGURAS

1.	Representação esquemática do ciclo hidrológico	28
2.	Fontes de contaminação das águas subterrâneas	32
3.	Aqüífero costeiro. Água doce, água salgada e cunha salina em equilíbrio hidrodinâmico	33
4.	Avanço da cunha salina devido a bombeamento excessivo	33
5.	Esquema conceitual de risco de contaminação das águas subterrâneas	72
6.	Parâmetros incorporados no método DRASTIC	74
7.	Mapa de localização do Município de Fortaleza-CE	84
8.	Mapa geológico do Município de Fortaleza	87
9.	Mapa hidrogeológico do Município de Fortaleza	88
10.	Esquema de layout básico de um parque industrial de envase	104
11.	Fluxograma simples da produção de água envasada	115
12.	Diagrama com todos os custos para análise da sustentabilidade financeira	117
13.	Mapa de pontos dos poços pesquisados do Município de Fortaleza	125
14.	Mapa de postos pluviométricos do Município de Fortaleza, usados no âmbito desta pesquisa, para estimar a recarga em função das precipitações	127
15.	Mapa de caracterização do parâmetro D: profundidade do nível estático do aquífero do Município de Fortaleza	145
16.	Mapa de caracterização do parâmetro R: recarga do Município de Fortaleza	147
17.	Mapa inicial do mapa de caracterização do material do aquífero do Município de Fortaleza	148
18.	Mapa de caracterização do parâmetro A: material do aquífero do Município de Fortaleza	149
19.	Mapa de caracterização do parâmetro S: tipo de solo do Município de Fortaleza ...	150
20.	Mapa de caracterização do parâmetro T: topografia do Município de Fortaleza	151
21.	Mapa de caracterização do parâmetro I: impacto da zona vadosa do Município de Fortaleza	153
22.	Mapa de caracterização do parâmetro C: condutividade hidráulica do aquífero do Município de Fortaleza	154
23.	Mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC com fontes de águas envasadas do Município de Fortaleza	158

24	Mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC com fontes de águas envasadas do Município de Fortaleza simplificado em três regiões	160
----	--	-----

LISTA DE FOTOS

1.	Pré-formas de PET	51
2.	Pré-formas de vasilhames de PET de 20 litros	52
3.	Garraão PET Ziggy descartável e sua pré-forma	52
4.	Tampa dosadora de garraão de cinco litros	53
5.	Momento anterior às análises microbiológicas no LACEN/CE	92
6.	Coleta de amostra para análise de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> , LACEN/CE	93
7.	Câmara de fluxo laminar, LACEN/CE	94
8.	Bico de Bunsen, LACEN/CE	94
9.	Adicionando o substrato a 100 mL de água, LACEN/CE	95
10.	Estufa a 35°C, LACEN/CE	95
11.	Resultado positivo para análise de coliformes totais, LACEN/CE	96
12.	Resultado negativo para análise de coliformes totais, LACEN/CE	96
13.	Análise para presença de <i>Escherichia coli</i> , LACEN/CE	97
14.	Técnica da membrana filtrante, LACEN/CE	97
15.	Filtração, LACEN/CE	98
16.	Membrana filtrante colocada no meio de cultura, LACEN/CE	99
17.	Meio de cultura para determinação de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> e <i>Enterococos</i> , LACEN/CE	99
18.	Incubadora para meio de cultura por membrana filtrante, LACEN/CE	100
19.	Presença de colônias na membrana filtrante, LACEN/CE	101
20.	Ausência de colônias na membrana filtrante, LACEN/CE	101
21.	Visita a Mineradora Límpida (Aquiraz-CE)	103
22.	Mineradora de Água Límpida Ltda (Aquiraz-CE)	105
23.	Casa de captação de fonte de surgência - Ceará	106
24.	Casa de captação de fonte de surgência - Ceará	106
25.	Cabeça de poço – Parte interna da casa de captação – Mineradora Límpida	107
26.	Ozônio – Parte interna da casa de captação - Mineradora Límpida	107
27.	Casa de captação - Mineradora Límpida	108
28.	Reservatórios de água mineral – Mineradora Límpida	109
29.	Tubulação aérea em inox - Mineradora Límpida	110
30.	Sala de produtos químicos - Mineradora Límpida	110

31.	Estação de coleta seletiva - Mineradora Límpida	111
32.	Estação de tratamento da água da lavagem dos vasilhames – Mineradora Límpida.	111
33.	Laboratório microbiológico - Mineradora Límpida	112
34.	Lavagem da sala de envase - Mineradora Límpida	113
35.	Sala de finalização do processo de envase – Mineradora Límpida	113
36.	Lavadora interna automática (MAQ 200) - Mineradora Límpida	114
37.	Lavadora interna para vasilhames de 20 litros - Límpida.....	114
38.	Enchedora rotativa automática (MAQ 250) – Mineradora Límpida	115
39.	Visita à perfuração de um poço – Reitoria – UFC (Fortaleza-CE)	123
40.	Aterro Sanitário do Jangurussu (Fortaleza-CE)	161
41.	Lagoa do Porangabussu com processo de eutrofização (Fortaleza-CE)	161
42.	Ocupação desordenada Morro Sta Terezinha (Fortaleza-CE)	162
43.	Paleodunas – Praia do Futuro (Fortaleza-CE)	162
44.	Rio Cocó – Av. Sebastião Abreu (Fortaleza-CE)	163

LISTA DE QUADROS

1.	Padrões Físicos, Físicos – Químicos, Químicos e Organolépticos da CNNPA.....	47
2.	Padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde – OMS – 1958	48
3.	Peso relativo de cada parâmetro do índice DRASTIC	75
4.	Intervalos de valores de vulnerabilidade do índice DRASTIC e a classificação correspondente	75
5.	Intervalos de profundidade e valores de avaliação do índice DRASTIC	76
6.	Intervalos de recarga e valores de avaliação do índice DRASTIC	76
7.	Tipos de material do aquífero e índices de avaliação DRASTIC	77
8.	Tipos de solos e índices de avaliação DRASTIC	78
9.	Classes de declividade do terreno e valores de avaliação do índice DRASTIC	78
10.	Tipos de materiais da zona vadosa e índices de avaliação DRASTIC	79
11.	Intervalos de condutividade hidráulica e seus respectivos valores de atribuição DRASTIC	80

LISTA DE TABELAS

1	Características das águas minerais em produção no Município de Fortaleza	55
2	Relação das empresas envasadoras de água no Estado do Ceará	59
3	Características microbiológicas para água mineral natural e água natural	101
4	Períodos de depreciação dos componentes do parque industrial de envase utilizados no cálculo dos Fatores de Recuperação de Capital	119
5	Principais tributos e encargos de incidência geral e mineração	122
6	Séries Históricas dos postos pluviométricos da FUNCEME no Município de Fortaleza	126
7	Resultados de análises para a caracterização microbiológica de AAS conforme Resolução RDC nº 275/05	131
8	Resultados de análises para a caracterização microbiológica de águas minerais conforme Resolução RDC nº 275/05	133
9	Custos médios de investimento e OAM da disponibilização da água subterrânea na Região Metropolitana de Fortaleza	134
10	Custos totais da distribuição da água subterrânea no Ceará	135
11	Custos (investimento + OAM) da distribuição da água subterrânea no Ceará	136
12	Custos de investimento para o parque industrial de envase e transporte da água envasada	136
13	Estrutura de custos anuais de OAM (Operação, Administração e Manutenção) para atividade de envasamento de água mineral	137
14	Custos mensais com mão-de-obra da indústria de envase	138
15	Custos anuais de vale transporte dos funcionários da indústria de envase	139
16	Custos de investimento da água envasada em Fortaleza, Ce por ano, por vasilhame e por litro	142
17	Custos de OAM da água envasada em Fortaleza, Ce por ano, por vasilhame e por litro	142
18	Resumo do total dos custos (investimento e OAM) por ano, por vasilhame e por litro para um empreendimento de envase de água mineral	143
19	Demonstrativo do cálculo da média de recarga anual para cada posto pluviométrico usado nesta pesquisa (Fortaleza, Ce)	146
20	Dados de cálculos dos sete parâmetros DRASTIC para sua integralização	155

21	Demonstrativo do nível de importância dos parâmetros DRASTIC para o Município de Fortaleza	156
----	--	-----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Litologia do aquífero / Índice SI
A	Litologia do aquífero / SINTACS
A	Material do aquífero / DRASTIC
AAS	Águas Adicionadas de Sais
ABAS	Associação Brasileira de Águas subterrâneas
ABINAM	Associação Brasileira das Indústrias de Águas Minerais
ABINAP	Associação Brasileira das Indústrias de Água Purificada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA/MS	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Área de proteção ambiental
APPCC	Avaliação de Pontos e Perigos Críticos de Controle
AVI	Índice de vulnerabilidade do aquífero (<i>Aquifer Vulnerability Index</i>)
BMBF	Ministério de Educação e Pesquisa alemão
C	Resistência hidráulica / método AVI
C	Condutividade hidráulica do aquífero (<i>Hydraulic conductivity</i>) / DRASTIC
C	Condutividade hidráulica do aquífero / SINTACS
Ca	Cálcio
CC	Capacidade de Campo
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CIP	<i>Clean-in-place</i>
CMMAD	Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões Alimentícios
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CO ₂	Gás carbônico
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CPMF	Contribuição Provisória sobre Movimentação ou Transmissão Financeira
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRH	Conselho de Recursos Hídricos do Ceará
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
D	Profundidade ao topo do aquífero / Índice SI
D	Profundidade do nível estático (<i>Depth to groundwater</i>) / DRASTIC
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Di	Espessura da zona não saturada / Índice AVI
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DRASTIC	Modelo qualitativo para avaliar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas a cargas poluentes
EIA-RIMA	Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental
ELAM	Equipe de Licenciamento Ambiental da SEMAM
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMI	Energia, Matéria e Informação
EPPNA	Método de avaliação de vulnerabilidade de aquífero
ERHSA	Projeto Estudo dos Recursos Hídricos subterrâneos do Alentejo
Fe	Ferro
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FIEC	Federação das Indústrias do Estado do Ceará
FRC	Fator de Recuperação de Capital
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
G	Ocorrência de água subterrânea (<i>Groundwater occurrence</i>) / GOD
GEOFI	Gerência de Outorga e Fiscalização da COGERH.
GIS	Sistema de Informação Geográfica = SIG
GOD	Índice de avaliação de vulnerabilidade de aquífero
GTAE	Grupo de Trabalho de águas envasadas
Hg	Mercúrio
I	Impacto da zona vadosa (<i>Impact of the vadose zone</i>) / DRASTIC
I	Recarga / SINTACS

ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IGP	Índice Geral de Preços
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPLANCE	Fundação Instituto de Planejamento do Ceará
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
IWRA	<i>Internacional Water Resources Association.</i>
K	Condutividade hidráulica do aquífero - Lei de Darcy
Ki	Condutividade hidráulica / Índice AVI
LACEN/CE	Laboratório Central de Saúde Pública
LU	Ocupação do solo / Índice SI
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MME	Ministério das Minas e Energia
Mg	Magnésio
N	Impacto da zona vadosa / SINTACS
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
NE	Nível Estático
NHRI	<i>National Hydrology Research Institute</i>
N ₀₃	Nitrato
NUVIS	Núcleo de Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde do Estado do Ceará
O	Substrato litológico (<i>Overall aquifer class</i>) / GOD
OAM	Operação, Administração e Manutenção
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Procedimento de presença-ausência para coliformes fecais e <i>E. coli</i>
PAE	Plano de Aproveitamento Econômico
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PC	Policarbonato
PDD	Plano Diretor de Drenagem

PET	Polietileno Tereftalato
pH	Potencial hidrogeniônico
PIS	Programa de Integração Social
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PMSO	Programa Médico de Saúde Ocupacional
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PP	Polipropileno
PPRA	Programa de Perigos e Riscos Ambientais
PROGERIRH	Projeto de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Ceará
PROURB-RH	Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos
OS	Poliestireno
PVC	Polivinila
Qa	Período Quaternário e depósitos fluvio-aluvionares
Qd	Período Quaternário e areias de praia e dunas móveis e recentes
Qpd	Período Quaternário e paleodunas
R	Taxa de recarga / DRASTIC / Índice SI
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
S	Declive / SINTACS
S	Profundidade do nível freático / SINTACS
S	Tipo de solo / DRASTIC
SANEAR	Denominação popular do SANEFOR
SANEFOR	Programa de Infra-Estrutura Básica de Saneamento de Fortaleza
S _y	Porosidade do aquífero
SEBRAE	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEFAZ	Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará
SEINF	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infra-estrutura do Estado do Ceará
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEMAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SESA	Secretária da Saúde do Estado do Ceará
SESC	Serviço Social do Comércio
SESI	Serviço Social da Indústria
SGC	Sistema de Gestão de Clientes
SGE	Sistema de Gestão Empresarial
SI	Índice de susceptibilidade / Método de avaliação de vulnerabilidade de aquífero
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SINDBEBIDAS	Sindicato das Indústrias de Bebidas em Geral do Estado do Ceará
SIG	Sistema de Informação Geográfica = GIS
SINTACS	Método de avaliação de vulnerabilidade de aquífero
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
S ₀₄	Sulfato
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
SRH/CE	Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
T	Tipo de cobertura do solo / SINTACS
T	Topografia / DRASTIC / Índice SI
THM	Trihalometano
TQb	Período Tércio-Quaternário e Formação Barreiras
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
V	Volume entre as superfícies piezométricas (máxima e mínima) do aquífero
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
WCED	<i>World Commission on Environment and Development.</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	24
2	OBJETIVOS	26
3	REFERENCIAL TEÓRICO	27
3.1	A questão da água	27
3.1.1	Água e meio ambiente	27
3.1.2	Gestão das águas subterrâneas	36
3.1.3	Água no Nordeste do Brasil	43
3.1.4	Água envasada	44
3.1.5	Caracterização da atividade de água envasada em Fortaleza	53
3.2	Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável	60
3.2.1	Conceito de sustentabilidade	61
3.2.2	Sustentabilidade financeira e sustentabilidade econômica	67
3.2.3	Sustentabilidade ambiental	68
3.2.4	Capacidade de suporte hidrológica	81
4	ÁREA DE ESTUDO	83
5	METODOLOGIA	92
5.1	Caracterização da atividade de água envasada em Fortaleza	92
5.1.1	Levantamento de dados	92
5.1.2	Avaliação de dados	101
5.2	Sustentabilidade financeira	102
5.2.1	Levantamento de dados	103
5.2.2	Avaliação de custos	118
5.3	Sustentabilidade ambiental	122
5.3.1	Levantamento dos parâmetros DRASTIC distribuídos na área de estudo	124
5.3.2	Avaliação da vulnerabilidade do aquífero	129
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	130
6.1	Caracterização da atividade de água envasada em Fortaleza	130
6.2	Sustentabilidade financeira	134
6.3	Sustentabilidade ambiental	144
6.3.1	Levantamento dos parâmetros DRASTIC distribuídos na área de estudo	144
6.3.2	Avaliação da vulnerabilidade do aquífero	155
7	CONCLUSÕES	164

8	RECOMENDAÇÕES	166
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
	ANEXOS	178
ANEXO A	- Classificação das águas minerais quanto à sua composição química e quanto às fontes	178
ANEXO B	- Tipos de águas minerais com os seus efeitos terapêuticos	181
ANEXO C	- Exemplos de furos de sonda com sua respectiva descrição do material da zona vadosa de Oliveira e Abreu (2006, p. 97-100)	183
ANEXO D	- Amostras de valores de condutividade hidráulica (K) de poços do Município de Fortaleza de Oliveira e Abreu (2006, p. 101)	184
ANEXO E	- Metodologia utilizada para obtenção dos custos de investimento de OAM da água envasada em Fortaleza, Ce, por ano, por vasilhame e por litro	185

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a água mineral vem ampliando o seu espaço, representando atualmente a quinta maior categoria de bebidas (em volume), vindo atrás de refrigerantes, leite, cerveja e café solúvel e à frente de sucos (em pó e concentrados) e vinhos. O país é privilegiado não só pela qualidade e riqueza de suas águas minerais e potáveis de mesa, como também pela grande capacidade hídrica subterrânea. Existem cerca de 250 envasadoras de água mineral no país em operação e o consumo já alcançava, em 2003, 25 litros *per capita* (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 151; 153).

As águas minerais e águas potáveis de mesa são conceituadas legalmente nos art.1º e 3º do Código das Águas Minerais, aprovado pelo Decreto-Lei nº 7.841/45, o qual define que “as águas minerais são aquelas originadas de fontes naturais ou de fontes captadas artificialmente que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes concedem uma ação medicamentosa.” As águas potáveis de mesa são as de composição normal provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que preenchem tão somente as condições de potabilidade para a região (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 51-52).

A base do comércio da “água envasada” consiste na exploração e no envase da água subterrânea naturalmente potável, captada em nascentes e fontes, ou por meio de poços escavados de grande diâmetro (cacimbões) ou perfurados tubulares profundos (REBOUÇAS, 2004, p. 121).

Vaitsman e Vaitsman (2005) responsabilizam três fatores pela posição elevada do comércio de águas minerais e potáveis de mesa.

A indústria das águas minerais e potáveis de mesa classificadas pelo Código de Águas Minerais ocupa lugar de destaque na economia de vários municípios brasileiros, com perspectiva de crescimento, devido a três fatores:

- 1) as águas minerais constituem uma saudável opção de consumo pelos indivíduos que reconhecem suas características terapêuticas e medicamentosas;
- 2) geram recursos devido ao aumento das atividades turísticas e conseqüente diminuição do desemprego. Cabe lembrar que, em vários países, as fontes são locais com instalações muitas vezes suntuosas para atender à indústria do turismo;
- 3) consciência de que a indústria de águas envasadas depende de condições de absoluta preservação ambiental para proteção da jazida mineral e seu entorno, permitindo a captação das águas subterrâneas sem afetar o meio ambiente. (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. XII).

No Ceará, localizado no Nordeste semi-árido, há constante preocupação com a escassez de água, devida principalmente ao regime irregular de chuvas, ao elevado nível de evaporação, à pouca espessura de seu solo e à predominância do embasamento cristalino. Setenta e cinco por cento da área do estado encontram-se sobre rochas cristalinas, com vinte e cinco por cento da superfície territorial sobre rochas sedimentares. Visto que a maior parte do estado é constituída por rochas do embasamento cristalino, com elevada presença de sódio em sua constituição mineralógica, não se pode dar importância apenas à quantidade das águas subterrâneas (que são limitadas, de fato), deve-se questionar a qualidade desse recurso, que muitas vezes torna-se o fator limitante a sua utilização (ZANELLA, 2005).

Considerando-se que o presente trabalho visa analisar critérios de sustentabilidade na atividade de produção de águas envasadas em Fortaleza (CE), foi utilizado o índice de vulnerabilidade DRASTIC (ALLER et al, 1987). É fundamental compreender a inter-relação de sustentabilidade com a Política Nacional de Meio Ambiente. De fato a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA faz algumas considerações sobre água e desenvolvimento sustentável, entre elas:

[...] Que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza [...];

[...] Que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas [...]

A motivação para este trabalho surgiu da perspectiva de crescimento acelerado da atividade econômica de envasamento de água potável, visto que “no caso específico de Fortaleza a degradação ambiental é observada com maior intensidade no tocante aos recursos hídricos. Praticamente todos os cursos d’água estão poluídos e muitos deles foram ou estão sendo alterados” (FÓRUM DA SOCIEDADE CIVIL CEARENSE SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1993, p. 91).

2 OBJETIVOS

É objetivo geral desta dissertação analisar critérios de sustentabilidade na atividade de produção da água envasada em Fortaleza (Ce), com base na realidade do ano de 2007.

São objetivos específicos da pesquisa:

- 1) caracterizar a atividade de produção de água envasada em Fortaleza no ano de 2007, identificando quais tipos são produzidos e com que qualidade;
- 2) verificar a sustentabilidade financeira na atividade de produção da água envasada em Fortaleza, analisando seus custos de investimento, assim como de operação, administração e manutenção (OAM); e
- 3) identificar critérios de sustentabilidade ambiental na atividade de produção de água envasada em Fortaleza, incluindo aspectos geológicos e hidrológicos, ou seja, como extrair a água subterrânea como matéria-prima de uma atividade em crescente demanda sem comprometer a capacidade de suporte do ambiente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A questão da água

As águas doces estão distribuídas mundialmente de forma muito desigual. Alguns países já se encontram carentes de água, como os Estados Unidos, grande parte do Oriente Médio e África e partes da América Central. Mas a escassez pode ser atribuída a fatores diferentes, tais como fontes limitadas, grandes demandas e uso ineficiente. Se a água continuar a ser tratada como um recurso ilimitado, implicará na deficiência crítica em sua quantidade e qualidade. E essa escassez futura de água poderá limitar o crescimento na agricultura e na indústria, trazendo risco à saúde, à nutrição e ao desenvolvimento econômico (CORSON, 2002, p. 157).

3.1.1 Água e meio ambiente

A água está na natureza, circulando entre diferentes compartimentos via ciclo hidrológico (ver Figura 1). Quando ocorre a precipitação há interceptação vegetal e não vegetal, evaporação, evapotranspiração, infiltração e escoamento (superficial e subterrâneo). Pela interceptação, a maior parte da precipitação fica temporariamente retida e finalmente retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas. Uma parte da precipitação pode escoar superficialmente, ou através do solo para os rios, enquanto que a outra parte penetra profundamente. A parte infiltrada se movimenta lenta e verticalmente, através de uma zona de transmissão até atingir a superfície freática. Pela ação gravitacional, tanto o escoamento superficial quanto o subterrâneo, dirige-se a cotas mais baixas e podem ser descarregados nos oceanos (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 1).

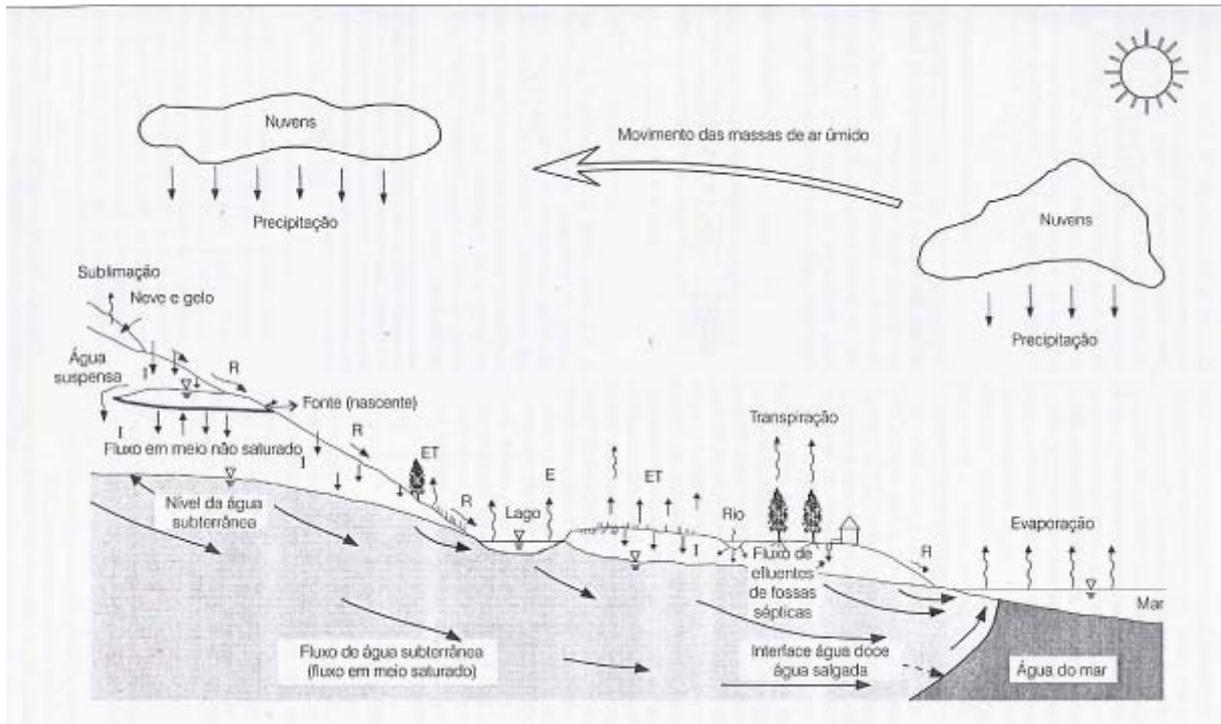


Figura 1 – Representação esquemática do ciclo hidrológico

E = evaporação; ET = evapotranspiração; I = infiltração; R = escoamento superficial (deflúvio)

Fonte: MANOEL FILHO, 2000b, p. 14. (modificado de Bear & Verruijt, 1987)

Manoel Filho explica a existência do ciclo pela ação da gravidade, vegetação, atmosfera, clima e insolação.

Esse ciclo é governado, no solo e no subsolo, pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e densidade da cobertura vegetal e na atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos) pelos elementos e fatores climáticos, como por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar (função do déficit de pressão de vapor) e insolação (função da radiação solar), que são os responsáveis pelos processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera, em uma dada latitude terrestre. (MANOEL FILHO, 2000b, p. 13).

Segundo Villela (1975, p. 192) “chama-se aquífero a formação geológica que contém água e esta pode mover-se em quantidades suficientes para permitir um aproveitamento econômico”. O aquífero é uma grande zona de saturação, onde se pode sem grandes gastos de energia retirar água, pois possui elevada porosidade efetiva.

O clima e a Geologia (litologia, estratigrafia e estrutura), são elementos determinantes para a acumulação de águas subterrâneas. Existem dois grandes grupos litológicos por parte da Geologia: as rochas porosas (sedimentares) e as rochas cristalinas. Quando a água subterrânea se desloca, a mesma acumula-se nos poros da rocha ou nas fendas e fraturas, para formar, respectivamente, os aquíferos porosos ou fraturados. Os aquíferos porosos são qualitativa e quantitativa mais importantes, enquanto os fissurais são de qualidade

inferior. A maior parte do Nordeste, cerca de 90%, é constituído por rochas cristalinas e apenas 10% é formado por rochas sedimentares, que vão compor os aquíferos intersticiais nas bacias sedimentares, nas coberturas costeiras e aluviões. As Províncias Hidrogeológicas no Nordeste estão divididas em: Parnaíba, São Francisco, Escudo Oriental Nordeste e Costeira, com suas respectivas subprovíncias (DA SILVA, S., 2000, p. 48; BRASIL. DNPM/CPRM, 1981 apud DA SILVA, S., 2000, p. 49).

Pode-se dizer que, no semi-árido brasileiro, encontram-se três tipos de aquíferos: cristalino, sedimentar e aluvionar. No Nordeste do Brasil, cerca de 500.000 km² são ocupados por rochas cristalinas, sendo o aproveitamento da água subterrânea encontrada nas fissuras dessas rochas uma alternativa de abastecimento, em virtude da carência de outros recursos hídricos. No momento de estiagem, essa água é, muitas vezes, a única alternativa com que se pode contar para a sobrevivência dos rebanhos, apesar de as águas apresentarem qualidade nem sempre satisfatórias, com média de sólidos totais dissolvidos de 3.000 mg/L e mediana de 1.500 mg/L, produzindo em média cada poço, 3 m³/h (MANOEL FILHO, 2000b, p. 31). O aquífero cristalino (também chamado de aquífero fissural) caracteriza-se por possuir elevada anisotropia e heterogeneidade, sendo por isso, descontínuo. Ele é formado por fissuras, onde a água se acumula. A vazão é baixa; a salinidade é alta; existe alto risco de exploração e a profundidade típica é de 60 metros (REBOUÇAS, 1999, p. 130). Mente discorre sobre formas de aumentar as vazões do poço cristalino e de captar água com potabilidade adequada:

Se fossem utilizados critérios de locação tecnicamente consistentes que levassem em conta os aspectos influentes ligados aos esforços tectônicos (tipo e distribuição dos fraturamentos) e os condicionantes morfológicos, hidrológicos e litológicos, poder-se-ia aumentar a probabilidade de obtenção de vazões razoáveis e de águas de potabilidade adequada, capazes de atenderem às necessidades do uso doméstico e do abastecimento de pequenas comunidades. (MENTE, 1997 apud DA SILVA, S., 2000, p. 52).

Os aquíferos em terrenos sedimentares caracterizam-se por ter alta vazão; baixa salinidade; baixo risco de exploração; baixa porosidade e profundidade variável. Os aquíferos sedimentares podem ser: livre (freático) ou confinado (artesiano). Os aquíferos freáticos possuem uma superfície livre d'água e a pressão de sua linha superior é igual à pressão atmosférica. Aquífero livre (ou não confinado; ou freático) é, portanto, aquele existente em terrenos permeáveis e que dispõe de uma superfície piezométrica livre e uma zona não saturada. Os aquíferos artesianos são confinados por formações pouco permeáveis e sujeitos, em geral, a pressões elevadas de modo que, a pressão em sua linha superior é maior do que a pressão atmosférica. Seus poços podem ser jorrantes, quando o terreno está abaixo da linha

piezométrica e não-jorantes, quando o terreno está acima da linha piezométrica (ALFIERI; DI MATTEO, 2004, p. 382; DA SILVA, S., 2000, p. 50; RIGHETTO, 1998, p. 656).

O aquífero Açú, na região de Mossoró (RN), é um exemplo de aquífero confinado entre o membro superior da Formação Açú e o embasamento cristalino. Possui águas de ótima qualidade físico-química, sendo utilizadas para todos os fins. No entanto, é preciso estar alerta à sua sustentabilidade: no aquífero Açú existia um regime de equilíbrio antes da exploração¹, isto é, o uso não superava a recarga. Mas, devido à quantidade de poços perfurados, o uso, tornou a descarga maior que a recarga natural. As condições de recarga não são facilmente alteradas nos aquíferos confinados de porte regional, permanecendo por longo tempo as mesmas desde o início da exploração. Então, o desequilíbrio tende a persistir por longo tempo, pois a retirada procede inteiramente ou quase inteiramente do armazenamento do aquífero, rebaixando seus níveis (FEITOSA, 1996, p. 12; 29).

A Bacia Sedimentar do Meio Norte (Parnaíba – Maranhão) é um dos maiores reservatórios subterrâneos de água doce existentes, ocupa uma área de cerca de 250.000 km². As reservas exploráveis variam entre 0,2 e 9.600 x 10⁶ m³/ano com uma capacidade de produção que varia entre 50 e 700 m³/h, por poço (CPRM, 1995 apud DA SILVA, S., 2000, p. 49).

Bacias sedimentares com dimensões reduzidas e destacadas do pediplano geral, como é o caso da Bacia Sedimentar de Fátima (270 km²), na microrregião do Pajeú (PE) eram consideradas, até pouco tempo, do ponto de vista hidrológico, como improdutivas. Geralmente, os aquíferos dessas bacias são sedimentos arenosos, por vezes parcialmente consolidados, com características locais de baixa porosidade e permeabilidade. Mas, estudos de geologia-geofísica iniciados na primeira metade da década de 90 mostraram evidências favoráveis à acumulação de águas subterrâneas de boa qualidade em sedimentos com profundidades da ordem de 450 metros (DA SILVA, S., 2000, p. 50).

As aluviões são um dos mais importantes sedimentos inconsolidados. São sedimentos arenosos terciário-quadernários e estão distribuídos no interior e ao longo de todo o litoral do Nordeste Oriental do Brasil. As dimensões dos aquíferos aluvionares são variadas, constituem a maior rede natural de distribuição de água subterrânea, das bacias hidrográficas. As reservas de águas subterrâneas nos aluviões mais recentes e inconsolidados são significativas para o

¹ O termo “exploração” fica reservado ao conjunto de operações e trabalhos que permitem o aproveitamento das águas subterrâneas (FEITOSA, 2000, p. 53).

semi-árido Nordeste. Como o leito dos rios é dinâmico, os depósitos aluviais possuem características texturais muito variadas, produzindo heterogeneidade na distribuição das propriedades hidráulicas. Caracterizam-se por ter vazão intermediária e variável; salinidade média; baixo risco de exploração; profundidade baixa (entre três e quinze metros); alta vulnerabilidade quali-quantitativa e pequenas dimensões (DA SILVA, S., 2000, p. 51; MANOEL FILHO, 2000b, p. 25).

De acordo com Rebouças (1999), a água subterrânea representada pela parcela da hidrosfera tem três origens principais: *meteórica*, *conata* e *juvenil*. A água de origem meteórica é aquela proveniente da infiltração por poros milimétricos, de uma fração das precipitações – chuvas, neves, neblinas, e que correspondem a 97% dos estoques de água doce líquida dos continentes, ou seja, 10,5 milhões de km³ de água subterrânea doce. A água de origem meteórica participa ativamente do mecanismo de renovação das águas da Terra. A água de origem *conata* é aquela retida nos sedimentos desde a época de formação dos depósitos, por isso chamada também de “água de formação” ou “congênita”. De modo geral essa água tem elevado teor salino e é altamente mineralizada. Este tipo de água circula lentamente na litosfera e o seu tempo de residência é, regra geral, de dezenas de milhares e até milhões de anos, período este muito longo em relação à vida útil dos projetos de utilização, cujos horizontes são, em média, de dezenas de anos. A água denominada *juvenil* é aquela que é gerada pelos processos magmáticos da Terra, cuja taxa de circulação é estimada em 0,3 km³ por ano.

Com o aumento da população e o aceleração das atividades sócio-econômicas, o consumo de água tende a crescer e sua qualidade tende a diminuir, pois, cada vez mais se retira água dos mananciais e se produzem resíduos, os quais voltam para os recursos hídricos (MOTA, 2006, p. 136). O autor conceitua a poluição da água como resultante da introdução de resíduos, na forma de matéria ou energia, de modo a torná-la prejudicial ao homem e a outras formas de vida, ou imprópria para um determinado uso estabelecido para ela. É um conceito relativo, porque a água pode ser considerada poluída para determinado uso e não ser para outro. Se a poluição da água ocasiona prejuízos à saúde do homem, se contém microrganismos patogênicos, diz-se que a mesma está contaminada. A contaminação é um caso particular da poluição. A Figura 2 mostra, esquematicamente, fontes potencialmente poluidoras de um aquífero.

A poluição das águas superficiais ou subterrâneas pode ocorrer de maneiras diversas, através de lançamento direto de poluentes, de precipitação, escoamento pela superfície do

solo ou de infiltração. Quando o lançamento da carga poluidora é feito de forma concentrada, em um determinado local, como as tubulações emissárias de esgotos domésticos ou industriais e as galerias de águas pluviais, diz-se que a fonte de poluição é localizada (pontual). Mas, se não há um ponto específico de introdução dos poluentes, mas estes alcançam um manancial de modo disperso, diz-se que a fonte de poluição é não localizada (difusa) (MOTA, 2006, p. 156).

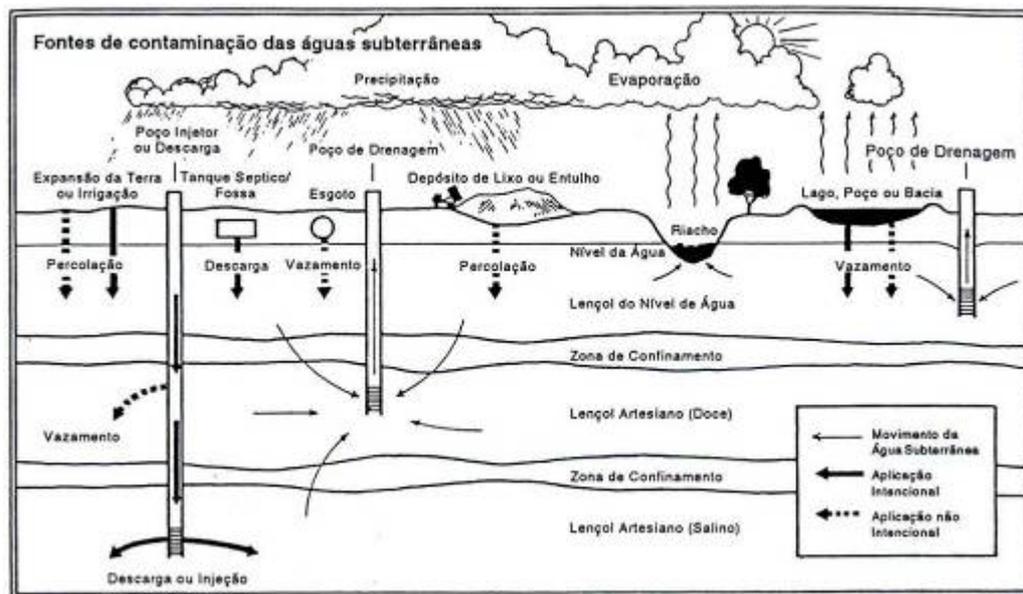


Figura 2 - Fontes de contaminação das águas subterrâneas

Fonte: US Environmental Protection Agency, conforme publicado em Concern, Inc., Drinking Water: A Community Action Guide (WASHINGTON, 1986, p. 2 apud CORSON, 2002, p. 165).

Mota (2006, p. 157) lista as principais fontes de poluição da água subterrânea (Figura 2) que são:

[...] infiltração de esgotos a partir de sumidouros ou valas de infiltração; infiltração de esgotos depositados em lagoas de estabilização ou em outros sistemas de tratamento usando disposição no solo; infiltração de esgotos aplicados no solo em sistemas de irrigação; percolação do chorume resultante de depósitos de lixo no solo; infiltração de águas contendo pesticidas, fertilizantes, detergentes e poluentes atmosféricos depositados no solo; infiltração de outras impurezas presentes no solo; infiltração de águas superficiais poluídas; vazamentos de tubulações ou depósitos subterrâneos; injeção de esgotos no sub-solo; intrusão de água salgada; resíduos de outras fontes: cemitérios, minas, depósitos de material radioativo.

Deve-se ficar atento também à intrusão marinha nos aquíferos costeiros. A maior parte das grandes cidades brasileiras localiza-se em regiões costeiras, e nesses locais a exploração de água subterrânea deverá ser feita cuidadosamente para evitar este problema. Antes de

iniciar a exploração a água salgada encontra-se em contato com a água doce, mas, existe um equilíbrio dinâmico entre as duas regiões, como se pode observar na Figura 3. A água salgada é mais densa e forma uma cunha penetrando pela parte inferior da região de água doce. A cunha salina se mantém em equilíbrio devido à pressão da água doce e o escoamento contínuo para o mar. Mas, no momento que há a exploração do aquífero, a pressão da água doce se reduz e diminui a descarga para o mar, fazendo com que haja o avanço da água do mar, podendo atingir poços e salinizar o aquífero, como se observa na Figura 4. (REILLY; GOODMAN, 1985; CABRAL, 1985; CABRAL, 1992 apud CABRAL, 2000, p. 50).

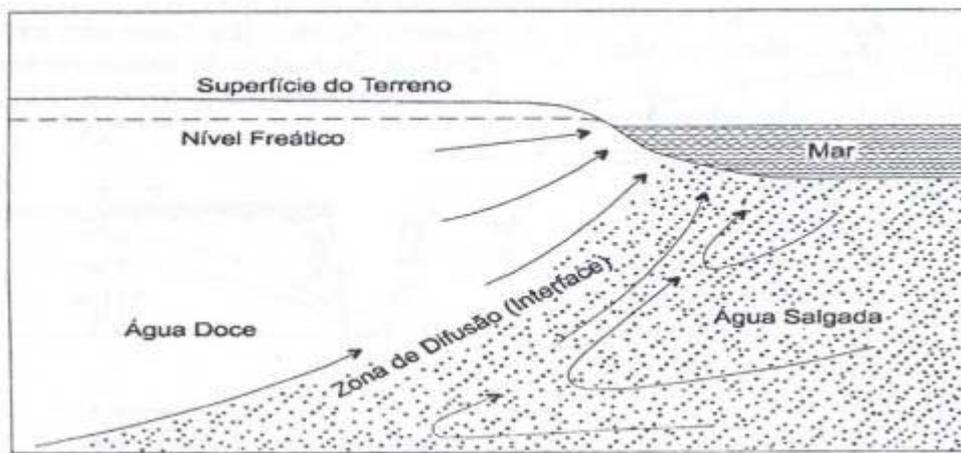
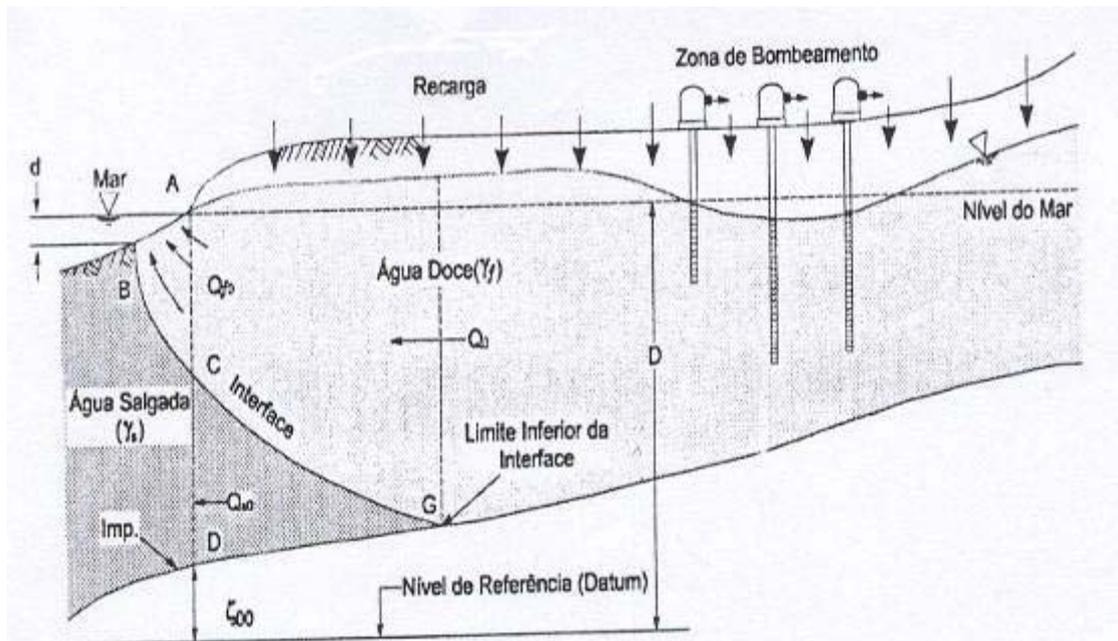


Figura 3 - Aquífero costeiro. Água doce, água salgada e cunha salina em equilíbrio hidrodinâmico
Fonte: CABRAL, 2000, p. 50. (modificado de Cooper, 1964).



As águas superficiais e subterrâneas se interligam, de modo que um manancial de superfície pode prover a recarga dos reservatórios subterrâneos, ou em outras ocasiões, as águas do subsolo descarregam em recursos hídricos superficiais. É importante, portanto, conhecer também as fontes de poluição das águas superficiais, que são listadas por Mota (2006, p. 157), como:

[...] esgotos domésticos; esgotos industriais; águas pluviais, carreando impurezas da superfície do solo ou contendo esgotos lançados nas galerias; resíduos sólidos (lixo); pesticidas; fertilizantes; detergentes; precipitação de poluentes atmosféricos (sobre o solo ou a água); alterações nas margens dos mananciais, provocando o carreamento de solo, como consequência da erosão.

Outro tipo de poluição que tem chamado a atenção em especial dos produtores de água potável na Europa, é a ocorrência de hormônios e fármacos² na água. Provindos da agricultura, como compostos estrógenos da soja, da aquicultura, com uso de ração enriquecida com hormônios e fármacos, assim como as indústrias processadoras desses alimentos. São os “disruptores endócrinos”, os quais interferem no sistema endócrino, tanto para os seres humanos quanto para os animais e outras formas de vida que compõem os ecossistemas. Entre os diversos grupos de compostos estão os produtos farmacêuticos, os produtos veterinários, os ingredientes usados nos cosméticos e outros produtos de cuidados pessoais, utilizados em grande quantidade mundialmente e presentes nos esgotos que são levados aos cursos d’água. No Brasil, muitas dessas substâncias ainda não foram monitoradas por falta de laboratórios capazes de analisá-las (ALMEIDA, 2005, p. 236).

Uma das consequências mais relevantes da poluição da água é a eutrofização. A eutrofização é a quebra de equilíbrio ecológico originada pelo lançamento de excesso de nutrientes na água, principalmente nitrogênio e fósforo, resultando no crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas. Carbono e sílica também são importantes na determinação do processo, mas são de importância secundária. Esse fenômeno é mais comum em águas paradas, como represas, lagos e lagoas, pois as elevadas velocidades com consequente aumento de turbulência dos cursos d’água favorecem sua capacidade de autodepuração. Em termos de eutrofização os reservatórios de água podem ser classificados em: oligotróficos, com baixa produtividade; mesotróficos, com produtividade intermediária e eutróficos, com alta produtividade. Esse estado trófico é indicado por alguns parâmetros de qualidade da água,

² É uma denominação genérica para compostos utilizados tanto na medicina humana como na veterinária, são substâncias químicas usadas para diagnósticos, tratamentos (curas e mitigação), alteração ou prevenção de doenças (ALMEIDA, 2005, p. 237).

usualmente pelo fósforo, clorofila e transparência (ARAÚJO, 2000, p. 216; MOTA, 2006, p. 173; 174).

O processo de eutrofização é um processo com poucas possibilidades de reversibilidade e apresenta riscos significativos ao equilíbrio ecológico e à saúde dos usuários de suas águas. Dificilmente se consegue retirar o fósforo do corpo hídrico, exceto por aderir fortemente à matéria particulada e precipitar com estas. Ou então, com intervenção externa, como a retirada de macrófitas, pesca ou, em casos extremos, tratamento da água (ARAÚJO, 2000, p. 214; 216). Pode-se ter como exemplo de eutrofização um açude localizado completamente em região urbana, o açude Santo Anastácio, no Município de Fortaleza, que está comprometido totalmente tanto no aspecto de microorganismos patogênicos quanto de nutrientes. É o que mostra o estudo de caso de Oliveira (2001): as macrófitas tomam cerca de 25% da área do lago; medidas de teor de oxigênio indicam ausência de oxigênio dissolvido (OD) em profundidades pequenas, cerca de 1 metro, e pode-se observar a presença excessiva de algas. As concentrações de nitrogênio e fósforo na água do açude Santo Anastácio são suficientes para ocasionar sucessivas explosões de algas e favorecer o crescimento exagerado de macrófitas aquáticas, tornando-o um ecossistema eutrófico com tendência a hipereutrofização. O açude Santo Anastácio não é uma exceção, mas uma regra entre os pequenos açudes urbanos do Ceará, aqueles com capacidade inferior a 5 hm³.

Em se tratando de saúde, dois riscos merecem destaque: a proliferação de algas cianofícias (*blue green algae*), que são altamente tóxicas, podendo levar à morte. E o outro é que a existência de águas eutróficas ou hipereutróficas, quando cloradas, para fins de tratamento, formam trihalometano, substância cancerígena. Braga et al (2004) avaliaram a ocorrência de trihalometanos (THM) na rede de abastecimento de água em Fortaleza e concluíram que as concentrações de THM das amostras coletadas entre os dias 20/09/02 e 01/11/02 na rede de abastecimento da Região Metropolitana – RMF estão próximas dos valores máximos permissíveis estabelecidos nas Normas e Padrões de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano no Brasil, fixado em 100 µg/L. Das 31 amostras coletadas e analisadas, apenas quatro estão com a concentração de THM abaixo de 100 µg/L. Braga et al (2004; ver também VIANA et al., 2008) observaram que o trihalometano mais potente de formação na rede de abastecimento de Fortaleza é o clorofórmio, seguido do bromodiclorometano e do dibromoclorometano. Já o bromofórmio não foi detectado em nenhuma das 31 amostras analisadas.

3.1.2 Gestão das águas subterrâneas

Em geral, o senso comum é de que rios, barragens e lagos devem ser a maior fonte de atendimento das necessidades da sociedade. No entanto, menos de 3% da água potável disponível no planeta provém das águas superficiais, pois, um pouco mais de 97% da água doce disponível na Terra encontra-se no subsolo (MANOEL FILHO, 2000a, p. 6).

Nesse sentido Rebouças (1999, p. 118) resgata a importância da água subterrânea desde a antiguidade, desde o crescimento das massas de gelo durante o último Grande Período Glacial. Por conta deste período, que terminou há 10.000 anos, o *Homo sapiens sapiens* foi obrigado a ocupar as zonas mais quentes da Terra, formando as consideradas primeiras grandes civilizações do mundo. Devido à escassez ou à irregularidade das chuvas nessas áreas, a captação da água subterrânea passou a ser um elemento importante para a sobrevivência da civilização. Com o decorrer do tempo, as necessidades de sobrevivência passaram a exigir um conhecimento maior de técnicas, entre as quais se incluem a irrigação e a atenuação dos efeitos da escassez de água e alimentos.

Já se sabe que desde pelo menos 8.000 a.C. as escavações feitas para extração de água subterrânea para consumo passaram a ser revestidas de pedra e betume³, como é o caso do “cacimbão” mais antigo até agora descoberto na cidade fortificada de Jericó. A perfuração de poços profundos com varas de bambu teve início em cerca de 5.000 antes de Cristo na China. Mas os povos antigos construíram galerias e túneis horizontais ou “canates” que representam as obras mais espetaculares de captação de água subterrânea. Desde a antiguidade as águas subterrâneas guardam certo misticismo – como águas que surgem puras e cristalinas do subsolo, dando origem a códigos que prescreviam severas penalidades a quem danificasse captações de água, utilizadas para abastecimento das populações (REBOUÇAS, 1999, p. 118).

Entre os documentos que mais se destacaram estão: o Código de Manu, na Índia; o Código do rei Hamurábi da Babilônia, 1792 – 1750 a.C.; o Talmud, dos hebreus e o Alcorão, dos muçulmanos. Ainda sobre a água subterrânea, Rebouças (1999, p.119) observa que numerosas passagens da *Gênesis* ressaltam sua importância; e que Tales de Mileto, há cerca de 2.500 anos, já ressaltava as propriedades purificadoras da água subterrânea. A importância da água subterrânea como fonte de abastecimento das populações das zonas áridas e semi-áridas também era reconhecida desde os princípios das civilizações antigas.

³ Material rico em hidrocarbonetos, isto é, compostos orgânicos de carbono e hidrogênio. O betume interessa particularmente à geologia econômica. Ele pode ser líquido como petróleo, ou sólido como o asfalto (GUERRA; GUERRA, 2001, p. 89).

No Brasil, a água subterrânea é utilizada para consumo das populações e rebanhos desde o período colonial, conforme demonstram os “cacimbões” nos fortes militares, conventos, igrejas e outras construções desse tempo. Do mesmo modo na região semi-árida do Nordeste desde a sua ocupação. Apesar da grande importância das águas subterrâneas, houve relevante desenvolvimento da cultura de captação de água superficial. Essa cultura gerou prestígio político, uma vez que resultava em obras grandiosas e perceptíveis, originando o conceito de que a utilização da água subterrânea seria uma última alternativa, como emergência ou complementar.

[...] a água subterrânea é um recurso apenas satisfatório para abastecimento dos rebanhos e, eventualmente, das populações nas áreas assoladas pelas secas, dos habitantes das periferias urbanas, ou como solução de emergência ou complementar de abastecimento de atividades econômicas dos setores mais prósperos da economia. (REBOUÇAS, 1999, p. 119).

Para efeito de aproveitamento (captação e utilização) da água, o Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227 de 28/02/67), no Art 5º, classifica as jazidas de águas em duas classes distintas: Classe VIII – jazidas de águas minerais e Classe IX – jazidas de águas subterrâneas (PIRES, 2000, p. 9). “O Regulamento do Código de Mineração (Decreto-Lei nº 62.934 de 02/07/68) estabelece, no Art. 15º, Inciso V, que as jazidas de águas subterrâneas sejam regidas por leis especiais, não esclarecendo, no entanto, quais são estas leis.” (PIRES, 2000, p. 10).

Os conflitos na região Nordeste não são novidades em pequenos, médios e grandes aproveitamentos e, referem-se tanto à quantidade quanto à qualidade da água. No Ceará podem ser identificados alguns desde o início do século XX, na década de 1920, referente aos rios Pacoti e Acarape e, mais recentemente, os do Sistema Orós – Lima Campos e o da interligação das bacias entre a Região Metropolitana de Fortaleza – Região do Jaguaribe (PINHEIRO, 2002).

De acordo com Pinheiro (2002) o Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (1983) classificou os conflitos de acordo com dois enfoques básicos – captação e uso da água. Os conflitos na captação da água são mais relevantes na constituição de reservatórios – barragens, pois, quanto a captação de águas subterrâneas, praticamente inexistem. No que se refere aos aspectos quantitativos do uso da água, algumas características são determinadas, como: duração do conflito, partes envolvidas no conflito, área de abrangência do conflito, objeto do conflito, descrição do conflito, instância do conflito, instrumento legal referenciado no conflito, impacto ambiental no conflito, instituições envolvidas na mediação do conflito e

histórico/situação do conflito. O período seco de 1979 a 1983 revelou conflitos de vários tipos de uso da água, como exemplo o de irrigação versus consumo humano.

Mais recentemente os conflitos pelas águas tendem a aumentar, em virtude da estagnação da oferta e o crescimento da demanda. Os conflitos envolvendo o uso das águas vêm de épocas remotas, por toda a história da humanidade, tendendo ao crescimento tanto em termos nacionais como internacionais. Rebouças (1999, p.144) elaborou uma análise comparativa entre fontes hídricas considerando captação de rio (só armazenamento); reúso de esgoto doméstico; captação de água subterrânea artificialmente recarregada; captação de água subterrânea naturalmente recarregada e outros. A alternativa tecnológica mais barata para se atender a uma determinada demanda é a captação de água subterrânea naturalmente recarregada, visto que pode ser feita, de modo geral, na área onde ocorre a demanda. Além de ser um recurso de água doce com relativa abundância e acessível aos meios técnicos e econômicos disponíveis, também apresenta boa qualidade natural (PINHEIRO, 2002; REBOUÇAS, 2004, p. 152).

Os custos de abastecimento de água tendem a crescer em alguns locais devido ao uso intensivo, ocasionando a necessidade de tratamento adicional em razão da perda de sua qualidade. É o exemplo de Aman, na Jordânia. Enquanto o sistema de fornecimento de água era baseado na exploração da água subterrânea, o custo médio incremental era estimado em US\$ 0,41/m³ de água, mas faltas crônicas subterrâneas obrigaram o uso de água de superfície, provocando o aumento do custo para US\$ 1,33/m³. Em Shenyang na China, houve um aumento de quase 200%, entre 1988 e 2000, ao passar de US\$ 0,04 para US\$ 0,11/m³ de água, pois a água subterrânea do Aluvião do Vale do Hun, teve de ser rejeitada como fonte de água potável, devido à sua má qualidade. É também o que aconteceu na cidade do México, ao restringir o uso do aquífero do Vale do México devido a problemas de acomodações de terreno, rebaixamento do lençol freático e deterioração da qualidade da água, aumentando quase 55% o custo em relação a fonte anterior, ficando em US\$ 0,82/m³ o seu custo atual (TUNDISI, 2005, p. 173).

Talvez com isso se queira justificar o aumento de preço cobrado pelos serviços de abastecimento de água, o qual somente no ano de 2000, cresceu 3,8%, é o que avalia uma pesquisa realizada em 14 países da América do Norte, África, Europa e Oceania. As companhias de abastecimento cobram em média, 0,764 US\$/m³, sendo a tarifa mais alta a utilizada na Alemanha, 1,520 US\$/m³ e a mais baixa de 0,340 US\$/m³, praticada na África do Sul (IWRA, 2001).

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica significativa, porém distribuída de forma irregular. Além dessa irregularidade existem o desperdício, as ações predatórias comumente praticadas no meio ambiente e a despreocupação quanto a um planejamento integrado, tornando o cenário brasileiro crítico quanto à questão da água. Tentando mudar esse quadro foi promulgada a Lei 9.433, de 08 de janeiro 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. A Lei incorpora diversos princípios e instrumentos adotados nos países que mais avançaram na gestão de suas águas. Os princípios básicos estabelecidos pela Lei 9.433/97 para a gestão dos recursos hídricos são: a água é um bem público e econômico; há prioridade, em situação de escassez, ao consumo humano e à dessedentação de animais; a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento; os usos da água devem ser múltiplos e a gestão deve ser descentralizada e participativa (LUCHINI, 2000, p. 428).

O fato de a água ser reconhecida como bem público tem grande importância, barrando a instalação de um possível mercado de águas. O mercado de águas é uma contradição, já que se torna mais uma forma de acumulação de capital ao pressupor titularidade, pois isso implicaria em direitos de negociação, da água ou do título. Os mercados de direitos de uso dos recursos naturais somente garantem ao suposto proprietário do recurso o direito de usufruir da mercadoria adquirida da maneira que lhe convier. A sua decisão de uso estará de acordo com sua orientação privada, sem estabelecer relação direta com padrões socialmente requeridos de exploração ou sustentabilidade. No caso particular da água, isso implica em prejuízos econômicos e ameaça a própria existência dos excluídos das relações de propriedade do recurso, porque além de ela ser insumo utilizado na produção de valores, também é um meio indispensável à sobrevivência biológica e sócio-cultural da espécie humana (FELICIDADE; MARTINS; LEME, 2001).

Submeter o acesso à água a relações lógicas de mercado significa não só privatizar e mercantilizar o ciclo hidrológico natural, mas também criar relações de domínio sobre as possibilidades de reprodução tanto dos novos excluídos do acesso ao recurso quanto de outras espécies naturais. (FELICIDADE; MARTINS; LEME, 2001, p. 33).

Sales (1999) também elucida a importância da caracterização da água enquanto bem público, e destaca a lucidez do pensamento que a própria legislação atual consagra, quando descarta esse líquido precioso de uma possível condição de mercadoria. O mercado de águas se baseia na administração das águas fundamentada na decisão individual do usuário, detentor do direito de propriedade e os interesses que movem as decisões de uso não são coletivas,

provocando impactos negativos para a sociedade (“externalidades”). Entendendo-se que o mercado de águas não garante eficiência no uso deste bem natural e nem determina por si só, sustentabilidade.

Para a constituição do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, a Lei 9.433/97 cria novas instâncias de organização: o Conselho Nacional e os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos responsáveis por decidir sobre questões relevantes dessa gestão, que geralmente respondem por mais de uma bacia; os Comitês de Bacia, que representam o fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica, compostos por usuários, pela sociedade civil organizada e pelos três níveis de governo; e as Agências de Bacia, responsáveis pela execução (LUCHINI, 2000, p. 429).

São definidos pela Lei 9.433/97 cinco instrumentos considerados essenciais à gestão da água (a lei aprovada no parlamento previa seis instrumentos, mas, um deles - compensação a municípios - foi vetado pelo Executivo). São os instrumentos: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d’água em classes de uso; a outorga de direito de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

O enquadramento dos corpos d’água em classes de uso é uma maneira de classificação que permite indicar volumes de água de determinado padrão de qualidade a usos cuja exigência seja compatível com esse padrão. Este instrumento visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, Lei 9.433/1997). Para o padrão de qualidade do rio, deverá existir um padrão de emissão que, se resguardado, garantirá ao corpo d’água o padrão de qualidade desejado pela sociedade e, conseqüentemente, o enquadramento será atendido.

A última classificação das águas no Brasil foi definida pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Foram estabelecidas treze classes por esta Resolução, sendo cinco para águas doces, aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5 por mil; quatro para águas salobras, aquelas com salinidade superior a 0,5 por mil e inferior a 30 por mil; e quatro para águas salinas, aquelas com salinidade igual ou superior a 30 por mil (MOTA, 2006, p. 146). Esta Resolução corresponde à atualização da Resolução CONAMA 20/1986. Para as águas doces foram determinadas: classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV; para as salobras e salinas: classe especial, classe I, classe II e classe III. À medida que o número característico da classe aumenta, a água é de

pior qualidade. A classe quatro, por exemplo, não serve para beber nem com tratamento, enquanto que a água da classe especial é adequada para beber somente com desinfecção.

Se um corpo d'água não for enquadrado, o mesmo deverá obedecer aos padrões da classe II. Portanto, todas as águas do Estado do Ceará deveriam obedecer ao padrão da classe II, porque as mesmas não foram enquadradas. Conforme a Resolução (CONAMA, 357/2005) as águas doces, classe II, podem ser destinadas:

[...] ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquíicultura e à atividade de pesca. (Resolução 357/2005, p. 4).

A outorga é a concessão dada a um particular pelo uso de um bem público. A outorga de água é a concessão para retirar e/ou poluir, estabelecida por prazo renovável, não superior a 35 anos, podendo estar sujeita a suspensão.

A cobrança pelo uso da água é uma maneira de um particular ressarcir a sociedade pelo uso de um bem público que está sendo utilizado. A cobrança deve ser um instrumento econômico e como instrumento econômico deverá exercer pressão sobre o uso, tornando-o mais eficiente. Ela não pode ser simplesmente mais um imposto, mas deve promover o equilíbrio entre o problema da quantidade e qualidade de água a curto, médio e longo prazos. Não deve ser fonte de arrecadação e sim instrumento de gestão e, portanto, mecanismo regulador de apropriação de recursos hídricos e de ordenamento da ocupação territorial. Para que possa exercer a função de mecanismo de gestão dos recursos hídricos, deverá estimular a melhor localização espacial das atividades, estimular a otimização dos usos da água através da diminuição de consumo e da adoção de sistemas de tratamento mais adequados para a situação de saturação da bacia hidrográfica, permitir que haja investimentos com o objetivo de melhorar a disponibilidade deste recurso, principalmente em épocas de estiagem. Os recursos financeiros arrecadados devem conseguir melhores resultados na eficiência dos sistemas de tratamento dos efluentes e na adoção de ações visando a otimização dos recursos hídricos. Portanto, a cobrança deverá induzir a adoção de processos produtivos não poluidores e fomentar o desenvolvimento de equipamentos, técnicas e processos de controle de poluição que consigam maior eficiência a um custo menor (SOUZA, 1995, p. 32; 53).

Luchini (2000, p. 429) define a cobrança como um “instrumento capaz de promover condições de equilíbrio entre as forças de oferta (disponibilidade da água) e da demanda,

promovendo, em conseqüência, a harmonia entre os usuários”. Mas, mesmo a Política Nacional de Recursos Hídricos definindo no seu artigo quinto que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um instrumento privilegiado de ação política de controle ambiental e que ele constitui-se atualmente no principal instrumento de gestão de águas em nível internacional, o seu alcance é bastante limitado, visto que atinge os consumidores de forma diferenciada e não considera capacidades de pagamento diferentes. Na existência de dois consumidores com demanda totais semelhantes e capacidades de pagamento diferentes, se um usuário não conseguir pagar pela vazão mínima para produzir, então virar a falir. De outro modo e se o outro usuário comprar além da quantidade máxima, então a sua vazão será mais do que suficiente, ela excederá a sua necessidade, desperdiçando o recurso. Logo, se um usuário irá abrir falência ou inadimplência e o outro irá desperdiçar, nenhum dos dois casos a cobrança cumprirá sua função. O estabelecimento de uma tarifa que não considere a capacidade de pagamento poderá ocasionar falência e/ou desperdício. Não há garantia de que a cobrança gere maior eficiência ao uso (FELICIDADE; MARTINS; LEME, 2001).

O sistema de informações é um sistema em forma de banco de dados de todas as informações monitoradas pelos entes que compõem o sistema de recursos hídricos. Tais informações devem estar disponíveis aos usuários e, fundamentalmente, à sociedade. Para a gestão das águas é preciso informações públicas, gratuitas, de qualidade e acessíveis a toda população. A sociedade civil, os gestores, os usuários e os tomadores de decisão precisam ter uma base comum confiável para a tomada de decisões.

A legislação é muito profícua em termos de gestão de águas superficiais, mas em relação às águas subterrâneas tanto na legislação quanto na prática de gestão é muito atrasada. Não existe uma lei ou decreto específico que regulamente a água subterrânea. O que se possui é a Lei Nº 11.996, de 24 de julho de 1992, que dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos; o Decreto Nº 23.067 de 11 de fevereiro de 1994, que regulamenta o artigo 4º da Lei 11.996/92, na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos e, o Decreto Nº 23.068 de 11 de fevereiro de 1994, que regulamenta o controle técnico das obras de oferta hídrica abrangendo tanto as águas superficiais como as subterrâneas.

A Lei Estadual Nº 11.996/92 estabelece que seja feito cadastro de poços, inventário de mananciais e de usuários, com vistas a racionalização do uso da água subterrânea; institui a outorga para a implantação de qualquer empreendimento, que consuma recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, constituindo infração perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização. O Decreto Nº 23.067/94 regulamenta a

não exigência de outorga quando houver a captação direta na fonte, superficial ou subterrânea em que seu consumo não exceda a 2.000L/h, aproximadamente a vazão média dos poços no cristalino. E o Decreto Nº 23.068/94, classifica os poços quanto à profundidade e à vazão nominalmente de teste, como também regulamenta a não exigência da licença prévia para poço classificado como raso ($\leq 20\text{m}$), desde que não ultrapasse a vazão de 2.000 L/h e que não esteja nas zonas de formação sedimentar, que venham a ser reservadas como aquíferos estratégicos, ou aquíferos diretamente alimentados por vazões regularizadas. E para poços medianamente profundo (20–50 m) e profundo ($> 50\text{m}$).

3.1.3 Água no Nordeste do Brasil

As grandes secas foram as responsáveis pela movimentação dos governos em busca de soluções para os problemas nordestinos, inclusive com a criação de instituições específicas, como o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS (1909), de início órgão assistencial e depois fator de desenvolvimento. O DNOCS atravessou três fases de metodologia: 1) a de estudos, quando predominava os levantamentos e reconhecimentos da área; 2) a de implantação de infra-estrutura e 3) a de aproveitamento hídrico. A última, especificamente nas décadas de 50 e 60, dividiu-se em dois segmentos: a açudagem, com o objetivo de acumular água; e o aproveitamento do estoque de água na irrigação. Embora o DNOCS muito tenha contribuído na perfuração de poços profundos tubulares e na definição do perfil de cada poço, os estudos hidrogeológicos estabelecidos no Nordeste só aconteceram após a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (1959), ao capacitar especialistas para a avaliação dos recursos de água subterrânea do Nordeste (ARAÚJO, 1990).

Apesar das prioridades oficiais voltadas para os grandes reservatórios, conjuntamente ao desenvolvimento da açudagem pública, nota-se um impulso espontâneo da pequena açudagem privada, tanto que se estima em 70 mil o número total de reservatórios com espelho de água de mais de mil m^2 . Aproximadamente 80% dos reservatórios do Nordeste semi-árido são representados por açudes com capacidade entre dez e 200 mil m^3 (MOLLE; CADIER, 1992 apud REBOUÇAS, 1997, p. 137).

Até a década de 1970, os açudes e poços do Nordeste Brasileiro foram tradicionalmente construídos com a prioridade de abastecer as populações e seus rebanhos. Isso contribuiu para a subutilização da água armazenada, tornando perceptível o contraste entre o alto volume de água nos açudes e o baixo potencial utilizado.

Segundo Costa (1994), o melhor aproveitamento da açudagem na região se dá através de sua interação com outras fontes de água, destacando-se os poços tubulares e as cisternas como os mais adequados, inclusive de forma sanitária, para o abastecimento doméstico.

A maior parte do Nordeste pertence ao domínio cristalino, por isso os aquíferos fissurais não podem ser desprezados. Mesmo com baixos níveis de vazão e de qualidade da água é uma fonte importante, visto que houve o investimento na perfuração de cerca de 50.000 poços tubulares. O que aconteceu é que uma parte desses poços perfurados está em desuso, muitos foram perfurados em períodos críticos de estiagem, com custos elevados para o governo, criando expectativas não condizentes com a correta execução técnica dos trabalhos dessa natureza (DA SILVA, S., 2000, p. 52).

As ações na área de recursos hídricos no Estado do Ceará estão bem caracterizadas em quatro fases: Voluntarista; do DNOCS; do DNOCS/SUDENE; e do Estado (atual). A primeira fase (Voluntarista) dá-se no Império. O período das secas de 1825, 1827 e 1830, marcou o início da política hídrica para o Nordeste semi-árido, voltada para o abastecimento humano e animal. A Regência Trina em 1831 autorizou a abertura de fontes artesianas profundas. Em 1856, chefiada pelo barão de Capanema, foi criada a Comissão Científica de Exploração que, entre outras recomendações, sugere a abertura de um canal ligando o rio São Francisco ao rio Jaguaribe, a construção de 30 açudes, a perfuração de fontes artesianas profundas e a melhoria dos meios de transporte. As fases do DNOCS e da cooperação DNOCS/SUDENE ocorreram no Ceará do mesmo modo que nos demais Estados Nordestinos, como descrito acima (PINHEIRO, 2002; REBOUÇAS, 1997, p. 136).

A quarta fase pode ser caracterizada por uma transição entre a complementação da infra-estrutura hídrica e o planejamento, tendo como marco inicial a criação da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH/CE (1987). Estabelece-se um novo estágio do desenvolvimento da política das águas, com a gestão participativa e integrada dos recursos hídricos, embora com algumas ações anteriores.

3.1.4 Água envasada

A água envasada é aquela proveniente da operação de introdução de água, nas embalagens, podendo ser água mineral, água potável de mesa, água purificada adicionada de sais, soda, água mineral natural ou ainda água natural.

Percebe-se que há certa imprecisão nas denominações do tipo de água. Frequentemente um determinado produto é comercializado com a denominação do outro,

como acontece, por exemplo, com as águas potáveis de mesa, comercializadas como água mineral. A água mineral possui ação medicamentosa e é um produto que vem merecendo maior e especial atenção da sociedade, devido não só à sua qualidade, mas por ser uma opção ao uso de água natural com a vantagem de poder ser consumida sem qualquer tratamento químico e ser benéfica à saúde humana (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 52).

A água mineral, por ser um recurso mineral pertence constitucionalmente a União, só pode ser pesquisada e lavrada mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresas constituídas sob as leis brasileiras, tendo o concessionário a garantia do produto da lavra e a obrigação de recuperar o meio ambiente degradado. Toda a atividade de mineração é de responsabilidade do DNPM, órgão do Ministério das Minas e Energia (MME). A exploração de água mineral como de outro bem mineral é regida pelo Código de Mineração e seu regulamento (SOUSA, 2005).

Ao se interessar pela atividade de produção de água mineral é necessário um engenheiro de minas ou geólogo para que após consulta ao DNPM, no intuito de saber se a área em questão não está requerida por outra pessoa ou empresa, dê entrada ao Requerimento de Autorização de Pesquisa. Após ter sido protocolado no DNPM, espera-se a aprovação e liberação do Alvará de Pesquisa, com sua publicação, que pode ocorrer no prazo de um a três meses, dependendo das exigências. Para se concluir a parte burocrática tem-se um prazo máximo de dois anos, em que se deve realizar a pesquisa de acordo com o plano de trabalho especificado no requerimento, e entregar o Relatório Final de Pesquisa, contendo o teste de bombeamento, o estudo “In Loco” e o estudo da área de proteção da fonte. Após a aprovação pelo DNPM deste relatório, no prazo máximo de um ano, será solicitado a Portaria de Lavra através do PAE – Plano de Aproveitamento Econômico, o qual mostra que a exploração é viável economicamente. Cumpridas todas as exigências legais, proceder-se-á a outorga da Portaria de Lavra. Daí tem início o processo de implantação e operação do sistema industrial de envase de água mineral, necessitando também a aprovação do modelo de rótulo pelo DNPM (SOUSA, 2005).

A água mineral pode ser considerada uma solução muito diluída contendo diferentes sais. Vaitsman e Vaitsman (2005, p. 54) discorrem que, como os sais encontram-se separados em diferentes extensões, o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, já em 1988, esclarecia que seus teores deveriam ser expressos por meios de íons e não pela composição química provável. Sendo adotado este procedimento pela Portaria nº 470/99 (DNPM) e pela Resolução nº 54/00 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA–

MS). No Brasil, a classificação das águas minerais obedece ao Código Brasileiro de Águas Minerais, determinado pelo Decreto-Lei nº 7.841/45. A classificação mais aceita mundialmente é a que segue dois critérios: o das características permanentes da água (composição química) no artigo 35 do Capítulo VII do Código, e o das que lhes são inerentes apenas na fonte (gases e temperatura) no artigo 36. Logo, são feitas duas classificações: uma da água e outra da fonte, as quais estão discriminadas no Anexo A e B (PIRES, 2000, p. 11-15).

Vaitsman e Vaitsman (2005) esclarecem que a composição química de uma água depende do contato e de sua capacidade de solubilizar rochas e minerais com os quais interage durante todo percurso subterrâneo, desde a infiltração, até a ressurgência. Destacam-se ainda dois fatores importantes para a mineralização: a temperatura e o tempo decorrido da infiltração até o afloramento na superfície.

Apesar de o mercado de água envasada no Brasil ser fragmentado, 50% da produção concentra-se em 21 grupos empresariais, dos quais se destaca o grupo Edson Queiroz, com 18,4% do mercado, e a Águas Ouro Fino, com 3,49%. Entre as três marcas líderes do mercado (Indaiá, Ouro Fino e Minalba), duas são pertencentes ao grupo Edson Queiroz, que são a primeira e a terceira (VALOR ECONÔMICO, 2002 apud BRINGHENTI, 2005, p. 59-60).

Quanto à produção de água mineral nas regiões brasileiras, a Região Sudeste está em primeiro lugar, produzindo aproximadamente 55%, distribuídos nos vários estados tais como: São Paulo com 39%, Minas Gerais com 9% e Rio de Janeiro 5%. Em segundo lugar de produção está a região Nordeste com 24%, concentrando 10% em Pernambuco e 5% no Ceará (ANA apud AMBIENTE Brasil, 2007, p. 5).

Sobre o crescimento do consumo de água mineral, Bringhenti destaca os seguintes pontos:

O crescimento do consumo de água mineral resultou de uma conjugação de fatores, entre eles: a melhora do nível de renda da população na última década; a mudança no estilo de vida da população na direção de produtos naturais ou *light* (água é *light* por natureza); os problemas de qualidade da água da rede pública, principalmente nos grandes centros; e a melhora dos canais de distribuição, principalmente com a participação mais ativa dos supermercados na venda de águas. (BRINGHENTI, 2005, p. 61).

O Código de Águas Minerais define as águas potáveis de mesa como uma classe especial como “águas de composição normal, provenientes de fontes naturais ou artificialmente captadas, que preencham tão somente as condições de potabilidade para a

região”. Para atender aos padrões de potabilidade (químicos ou bacteriológicos), obedecem aos padrões fixados (ver Quadro 1) pela Comissão Nacional de Normas e Padrões Alimentícios – CNNPA, como também, de modo geral, admite-se as dosagens reconhecidas internacionalmente (ver Quadro 2). Ainda para atender aos padrões microbiológicos da CNNPA é necessária a ausência de *Escherichia Coli* na fonte, do mesmo modo na água envasada (PIRES, 2000).

Padrões	Valores
Aspecto.....	Límpido
Cor.....	Até 5
Odor.....	Nenhum ou próprio
Turbidez.....	Até 3
Sabor.....	Característico
Resíduo seco.....	Até 1500 mg/L
pH.....	Entre 4 e 9
Alcalinidade (hidróxidos).....	0
Oxigênio (meio ácido).....	Até 4,5 mg/L
Oxigênio (meio alcalino).....	Até 3,5 mg/L
Nitrogênio amoniacal (NH ₃).....	Até 0,05 mg/L
Nitrogênio albuminóide (NH ₃).....	Até 0,05 mg/L
Nitrogênio nítrico (nitrato).....	Ausente
Cloretos.....	Até 1,00 mg/L
Fluoretos.....	Até 1,00 mg/L
Zinco.....	Até 5,00 mg/L
Selênio.....	Até 0,01 mg/L
Cobre.....	Até 1,00 mg/L
Chumbo.....	Até 0,05 mg/L
Manganês.....	Até 0,05 mg/L
Cromo.....	Até 0,05 mg/L
Bário.....	Até 1,00 mg/L
Cádmio.....	Até 0,01 mg/L
Mercúrio.....	Até 0,01 mg/L
Cianetos.....	Até 0,2 mg/L

Quadro 1 – Padrões Físicos, Físicos – Químicos, Químicos e Organolépticos da CNNPA
Fonte: Resolução nº 26, de 13 de agosto de 1976 do Ministério da Saúde

Parâmetro	Admissível	Excessivo
Cor.....	5.....	50
Turbidez.....	5.....	25
Índice pH.....	7 - 8,5.....	6,5 – 9,2
Resíduo a 1100°C.....	500.....	1.500
Cloretos.....	200.....	600
Sulfatos.....	200.....	400
Nitratos.....	50(N205).....	50
Cálcio.....	75.....	200
Magnésio.....	50.....	150
Ferro.....	0,3.....	1,0
Oxigênio de saturação.....	100%.....	90%
Manganês.....	0,1.....	0,5
Zinco.....	5,0.....	15,0
Chumbo.....	.....	0,1
Selênio.....	.....	0,05
Arsênico.....	.....	0,8
Cromo hexavalente.....	.....	0,05
Cianetos.....	.....	0,01
Flúor.....	1,0.....	1,5
Odor.....	.....	Aceitável
Sabor.....	.....	Aceitável

Quadro 2 – Padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde – OMS - 1958
 Fonte: Adaptado de Pires (2000, p. 15)

As águas potáveis de mesa são regulamentadas pelo Código de Águas Minerais. Sua captação obedece às mesmas diretrizes estabelecidas para as fontes hidrominerais, embora não atendam rigorosamente critérios exigidos para a exploração para consumo de águas minerais. Elas são autorizadas para consumo pelo DNPM, mas, como não possuem propriedades características na sua composição, não necessitam fazer a rotulagem com referências à mineralização, sendo suficiente e obrigatório constar a classificação “água potável de mesa”. Também são regulamentadas para comercialização pelo Ministério da Saúde e pelas Secretarias Estaduais e Municipais (PIRES, 2000, p. 15; VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 52).

Proveniente da água potável é a água purificada adicionada de sais, ela é elaborada artificialmente com permissão para adição de sais (bicarbonatos, carbonatos e cloretos de sódio, cálcio, magnésio, potássio, e outros) gaseificada ou não. A sua industrialização era

autorizada pela Resolução nº 309/99 da ANVISA – MS (revogada pela RDC nº 274 /05), exceto em locais onde exista ou existiu fonte de água mineral (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 53).

A soda é outra bebida envasada, que talvez propositalmente se faça confundir com a água mineral carbogásosa. O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, tem o poder de autorizar a comercialização da soda, uma água potável purificada saturada de gás carbônico (CO₂). O art. 46 do Decreto nº 2.314/97 que regula a Lei nº 8.818/94, estabelece a soda como a água potável gaseificada com gás carbônico, a 20°C e pressão superior a duas atmosferas. O que se percebe é que muitas empresas do ramo de bebidas comercializam soda como se fossem águas minerais. É o exemplo de garrafinhas de vidro com capacidade de 200 ml adicionada de CO₂ e de Hidrolitol, uma mistura de bicarbonato de sódio e ácido tartárico (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 53).

Segundo Vaitsman e Vaitsman (2005, p. 54) a Resolução RDC nº 54/00 (ANVISA – MS) regulamenta a água mineral natural e a água natural. A primeira é “a água obtida diretamente de fontes naturais ou artificialmente captadas, de origem subterrânea, caracterizada pelo conteúdo definido e constante de sais minerais (composição iônica) e pela presença de oligoelementos e outros constituintes,” diferenciando-a da água natural, que contém sais minerais, oligoelementos e outros constituintes, mas em níveis inferiores. A água natural estabelecida pela ANVISA, assemelha-se à água potável de mesa estabelecida pelo Código de Águas Minerais.

A água envasada é um produto com alto grau de substituição, pois suas propriedades organolépticas (aroma, cor e paladar) não diferem substancialmente, por isso as empresas aumentam a preocupação quanto à diferenciação de produtos, desenvolvendo novas embalagens ou rótulos, e elaborando outras bebidas à base de água, oferecendo alternativas de consumo, como energéticos, água enriquecida com nutrientes e águas com sabores de frutas (BRINGHENTI, 2005, p. 60).

As embalagens de 20 litros são as mais utilizadas em empresas, escritórios e residências, por isso são as mais vendidas. Depois seguem os copos e garrafas menores, atendendo ao chamado segmento de mesa. Em 2001, as vendas de vasilhames de 20 litros e o consumo de mesa ocupavam, respectivamente 60% e 37% das vendas (VALOR ECONÔMICO, 2002 apud BRINGHENTI, 2005, p. 60-61). Por isso foi importante a substituição dos garrafões de vidro por plástico, como mostram, Vaitsman e Vaitsman:

Os garrafões de vidro de 20 litros, escorregadios e, provavelmente, causadores de acidentes de trabalho, importados do México nos idos de 1968, para envasamento no Distrito Federal foram, gradativamente, substituídos pelos de plásticos especiais fabricados no país como o cloreto de polivinila (PVC), polipropileno (PP), policarbonato (PC), polietileno tereftalato (PET) e, mais raramente, o poliestireno (PS) e o polietileno da baixa densidade (PEBD). (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 44).

Marcelo Prado (2007) relata que, devido às preocupações com o meio ambiente, a embalagem tida como solução para a preservação e transporte de variados produtos, de um dia para outro, passou a ser vilã, por ser geradora do lixo não reutilizável. Muitos estudos de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo, para os mais variados tipos de embalagens. A principal matéria-prima dos plásticos é o petróleo, sendo destinados cerca de 4% da sua produção mundial para a produção de plásticos. De forma geral, os plásticos ocupam posição de destaque nas embalagens, por apresentarem como atrativos às empresas o fato de consumir menor energia na sua produção, reduzir o peso do lixo, ter o menor custo de coleta e destino final, não apresentam riscos no manuseio, são práticos e, eventualmente, recicláveis. O PET é o mais importante dos poliésteres, essa resina no Brasil é utilizada principalmente no envase de bebidas carbonatadas (60%), de óleo combustível (24%) e apenas (6%) de água mineral. As garrafas de PET são consideradas inertes, por não causarem nenhum tipo de contaminação para o solo ou lençóis freáticos, mesmo que descartadas indevidamente. Mas o descarte adequado e encaminhamento para a reciclagem são fundamentais para que os aterros sanitários sejam poupados e para que inundações causadas pelo lixo jogado nos rios sejam evitados. Pois, o plástico é um dos materiais que mais ocupam espaço nos aterros sanitários e leva de 200 a 450 anos para degradar.

Pode-se relatar considerando os aspectos ambientais, que para cada etapa do ciclo de vida de garrafas de PET, como: extração do petróleo, refino, fabricação da resina, produção da pré-forma, fabricação da garrafa, produção dos rótulos, produção das tampas e reciclagem; passam pelos processos de: extração de recursos naturais e uso de matérias primas secundárias, consumo de água; consumo de energia elétrica e térmica; emissão de efluentes líquidos; emissões atmosféricas e geração de resíduos sólidos (mineral, industrial e inerte). A garrafa de PET, quando comparada com outras embalagens, apresenta menor contribuição negativa ao meio ambiente em relação à embalagem de vidro, mas superior se comparada à de alumínio, mesmo considerando alguns pontos críticos, como a grande emissão de VOC's -

Compostos Orgânicos Voláteis nas etapas de extração e refino do petróleo (PRADO, 2007, p. 85; 120).

Observa-se que, antes da etapa de fabricação da garrafa ou do vasilhame de 20 litros, existe a produção da pré-forma, é quando o PET na forma de flocos é transformado nas pré-formas. Estas seguem para o envasador, onde ocorrem as etapas de sopro, para a formação das garrafas e o envase. Estas pré-formas são semelhantes a um tubo de ensaio, com a aba suporte e rosca já estabelecidas. Podem ser nas cores cristal ou verde, dependendo da coloração a ser solicitada pelo mercado, tal como se pode visualizar na Foto 1 e Foto 2 (PRADO, 2007, p. 43; 53).



Foto 1 – Pré-formas de PET

Fonte: Autora, 16º Congresso Brasileiro da Indústria de Águas Minerais EXPO ABINAM' 2007, 6 a 8 set. 2007, Fortaleza – CE



Foto 2 – Pré-formas de vasilhames de PET de 20 litros

Fonte: Autora, 16º Congresso Brasileiro da Indústria de Águas Minerais EXPO ABINAM' 2007, 6 a 8 set. 2007, Fortaleza - CE



Foto 3 – Garrafão PET Ziggy descartável e sua pré-forma

Fonte: Autora, 16º Congresso Brasileiro da Indústria de Águas Minerais EXPO ABINAM' 2007, 6 a 8 set. 2007, Fortaleza - CE

Já estão sendo comercializados vasilhames para água de 15 e 10 litros descartáveis, os quais pesam 189g e 104g respectivamente, além dos de cinco pesando 60g, como mostra a Foto 3. A tendência do mercado é de ficar sendo utilizado só o garrafão de 10 litros pelo conforto relativo ao peso e a validade da água.

Seria desejável que o garrafão fosse texturizado e sem rugas, mas os anéis de proteção com texturização especial aumentam a resistência e reduzem as áreas de atrito do garrafão na estocagem e no transporte. Para o garrafão de cinco litros está sendo fabricada uma tampa especial que funciona como um dosador sob pressão, visualizada na Foto 4.



Foto 4 – Tampa dosadora de garrafão de cinco litros

Fonte: Autora, 16º Congresso Brasileiro da Indústria de Águas Minerais EXPO ABINAM' 2007, 6 a 8 set. 2007, Fortaleza - CE

3.1.5 Caracterização da atividade de água envasada em Fortaleza

Mais de 50% das doenças que atacam a população de Fortaleza são originadas de águas poluídas, como as epidemias de cólera, com 24.299 casos no período de 1991 a 1999; surtos de diarreia, com 331.002 casos no período de 1994 a 1999; e hepatite, todas de transmissão hídrica. Quesado Júnior (2001), analisou as águas subterrâneas de 416 poços tubulares e cacimbas no Município de Fortaleza no período de 1990 a 2000, bacteriologicamente demonstram que 34% são potáveis e 66% não potáveis, apresentando contaminação por coliformes fecais. Nas análises realizadas predominam as bactérias *Escherichia coli* (62%), *Pseudomonas sp* (16%) e *Klebsiella* (13%), refletindo a fragilidade dos sistemas hidrogeológicos ante as ações antrópicas. Constatou também que, em termos físico-químicos, possuem concentrações iônicas dentro dos padrões de potabilidade da OMS, salvo algumas exceções locais, de teores elevados de cloretos e nitratos. Para uma amostra de

água de 89 poços o autor obteve como resultado pela classificação de Schoeller e Berkaloff, que 65% da água é boa, 21% passável; 9% medíocre; 3% momentânea; 2% má e 2% não potável (QUESADO JÚNIOR, 2001, p. 111-112)

A microbiologia é o estudo dos microrganismos e de suas atividades, os quais desenvolvem inúmeras funções na Natureza, podendo ser úteis ou prejudiciais ao homem e, integram os grupos das bactérias, vírus, protozoários, fungos, helmintos, (vermes) e algas. No entanto a microbiologia de interesse para essa dissertação, referente a ciências do ambiente é a Microbiologia Ambiental ou Sanitária, a qual trata dos microrganismos comumente encontrados na água, no ar, no solo e no esgoto, os quais podem afetar a saúde pública ou desenvolver uma função útil (MOTA, 2006, p. 68-69). Optou-se pelo levantamento de dados bacteriológicos das águas envasadas de Fortaleza, por este não alterar o sabor da água e o consumidor não ter o conhecimento do que está ingerindo, visto que a característica físico-química revela alguns aspectos, referente à turbidez, gosto e odor.

Na maioria das vezes, não é necessário na microbiologia da água e de alimentos, chegar-se à identificação completa dos microrganismos envolvidos. É suficiente a determinação de grupos de significado higiênico e sanitário, porém sua enumeração é primordial, pois, irá dar idéia do teor de contaminação e, dos riscos de deterioração, possibilitando sua comparação com padrões previamente fixados. É possível também a avaliação da eficiência dos processos naturais ou artificiais de tratamento em sua remoção. Existem vários métodos propostos para essa enumeração, sendo ainda os mais utilizados os métodos por cultivo mediante inoculação em tubos com caldo de cultura ou meios sólidos, ou concentração de membrana filtrante e posterior incubação em meios de cultivo especiais, os mais utilizados em microbiologia da água (SANCHEZ, 2001, p. 13).

Em Fortaleza a exploração e comercialização de água mineral ocorre na Planície Litorânea Leste, mais precisamente em Messejana, distrito municipal da capital, sendo este responsável por 96% da produção do Estado do Ceará e 6% da produção nacional. A atividade extrativa de água mineral é feita através de poços tubulares, que em sua maioria possuem profundidades inferiores a 60 metros. A captação da água mineral se dá em duas modalidades: nos arenitos arcoseanos (Formação Barreiras), por meio de bombas submersas, e no manto de alteração do cristalino, mediante bombas injetoras (DNPM, 1998, p. 40; 109).

A indústria pioneira nessa atividade de pesquisa, lavra, envasamento e comercialização é a Indaiá Brasil Águas Minerais Ltda, do Grupo Edson Queirós, que iniciou suas atividades em 1977, com o requerimento de autorização de pesquisa, no Sítio de

Acapulco, na localidade de Lagoa Redonda, em Messejana. O relatório final de pesquisa do Poço Tubular nº 1, foi aprovado também em 1977 pelo DNPM, com 48 m de profundidade, com vazão de 69.120 litros/dia. A unidade aquífera é composta por arenitos arcoseanos, de granulação grossa, com 11,6 m de espessura, capeada por horizontes arenoargilosos saturados. A empresa Indaiá Brasil capta água mineral de 11 poços tubulares, distribuídos nas Fontes Acapulco I e II, cujas características pode-se observar na Tabela 1 e atualmente a empresa consta com fontes de numeração até IX (DNPM, 1998, p. 40; 41).

A outra empresa responsável por essa atividade em Fortaleza é a Ypióca Águas Minerais Indústria e Comércio Ltda, que em 1987 protocolizou junto ao DNPM requerimento de pesquisa mineral para esse bem mineral, nas localidades de São Miguel e Lagoa Redonda, Município de Fortaleza. Sendo aprovado o relatório de pesquisa para dois poços tubulares em 1991. Atualmente, conta com várias fontes denominadas: Curió, Sabiá, Pintassilgo, Patativa, Rouxinol, Canário, Azulão, Currupião, Galo Campina, Flamingo, Bem-Te-Vi, Beija-Flor, Tucano e Arara, entre as quais estão fontes para envase e para lavagem dos garrafões. Pode-se observar as características de suas águas também na Tabela 1. A empresa também investiu em embalagens, em 1996 nasceu a Indústria de Plástico do Grupo Ypióca, atualmente é a segunda produtora nacional de garrafão de 20 litros, ficando em primeiro lugar a Indaiá (DNPM, 1998, p. 41).

Tabela 1 - Características das águas minerais em produção no Município de Fortaleza

Descrição	Acapulco I (4 poços)	Acapulco II (7 poços)	Naturágua (2 poços)
Denominação Comercial	Água Indaiá	Água Indaiá	Naturágua
Classificação da água	Mineral carbogasosa natural	Mineral carbogasosa natural	Mineral mesotermal na fonte
Vazão média (L/h)	4.325	3.023	3.000
Profundidade média (m)	44,75	42,00	60,00
Composição química provável (mg/L)			
- Sulfato de cálcio	2,00	1,60	2,46
- Sulfato de bário			0,14
- Bicarbonato de Magnésio	11,70	10,20	
- Bicarbonato de cálcio		1,80	5,16
- Bicarbonato de sódio	66,00	7,20	38,48

Descrição	Acapulco I (4 poços)	Acapulco II (7 poços)	Naturágua (2 poços)
- Bicarbonato de potássio			13,31
- Cloreto de magnésio	0,80		
- Cloreto de potássio	7,10	5,30	
- Cloreto de sódio		50,90	22,86
- Nitrato de sódio			0,40
- Nitrato de potássio	2,00	1,20	
- Fluoreto de sódio			0,68
- Óxido de alumínio			0,09
Características físico-químicas			
- pH a 25°C	4,8	4,8	
- Temperatura da água na fonte (°C)	32	32	
- Condutividade elétrica a 25°C (mhos/cm)	2,10 x 10 ⁻⁴	1,5 x 10 ⁻⁴	
- Resíduo de evaporação a 180°C (mg/L)	119,00	94,50	

Fonte: Modificado 10º Distrito do DNPM – Ceará (1998)

Mourão (2007, p. 79-81) descreve que, até 1999, o Estado do Ceará comercializava como águas envasadas somente água mineral. A partir daí surgiu uma nova água que informava ter uma qualidade nutricional, chamada “Água Purificada Adicionada de Sais”. No decorrer do tempo passou por várias intitulações até chegar a denominação mais adequada ao produto. Primeiro em 1995, pela Portaria de nº 328 do Ministério da Saúde surgiu “Águas Adicionadas de Sais.” Em 1999, a Portaria do Ministério nº 26, adotou “Água Comum Adicionada de Sais,” ainda em 1999, a ANVISA/MS acatou a designação “Água Purificada Adicionada de Sais,” mediante a Resolução nº 309. Em setembro de 2005, a Resolução nº 309/99 foi revogada pela Resolução nº 274 da ANVISA, a qual retirou do título o termo “purificada,” ficando “Águas Adicionadas de Sais” – AAS.

A atividade de produção de águas envasadas tem gerado conflitos entre produtores de água, é o que relata o jornal local, O Povo, com sua reportagem do dia 23 de abril de 2007,

intitulada “A Água Adicionada de Sais ganha mercado e gera briga no setor,” como se pode ler a seguir:

[...] O mercado de águas envasadas assiste à disputa entre as águas minerais, as adicionadas de sais e as clandestinas. O Sindicato que representa as bebidas no Ceará não aceitou a filiação de empresas adicionadas de sais, que foram à Justiça para requerer o direito... O segmento de águas envasadas no Ceará vive um clima de disputa acirrada. Desde que entraram no mercado a cerca de cinco anos, as águas adicionadas de sais vêm conquistando cada vez mais espaço. Quem diz são os próprios representantes das empresas de águas envasadas. ‘De uns tempos pra cá, a queda nas vendas de água mineral é enorme. Eles comercializam (a água adicionada de sais) pela metade do preço da mineral’, diz um dos proprietários de água mineral [...] (MOURÃO, 2007, p.78).

O que os produtores reclamam é porque a legislação para as AAS é mais permissiva, o que é comprovado pelo estudo de caso de Ângela Mourão (2007), no qual foram analisadas catorze marcas de AAS, tendo como critérios que todas estivessem localizadas no Município de Fortaleza, que sua forma de tratamento da água fosse por osmose reversa, pois, algumas utilizam filtros, e que possuíssem registros na Agência de Vigilância Sanitária. O que se constatou é que ocorre mais tratamento da água de produção do que adição de sais ao produto final, podendo acontecer a oferta de água desmineralizada ao invés de água adicionada de sais. Acontece que comparados ao padrão de aceitação para consumo humano, como exemplo o sódio, a água atende a Portaria nº 518/04. O regulamento é mal formulado a medida que não estabelece limites mínimos de sais, ficando difícil enquadrar empresas que não adicionam os minerais sob a forma de sais, porque qualquer quantidade encontrada atende a regulamentação. Verificou-se, também, que nenhuma das empresas analisadas apresentou rótulos de acordo com a real composição do produto. Mesmo assim não contrariam a Resolução nº 274/05, a qual permite variação da composição final do produto em função da matéria-prima. A flexibilidade da resolução faz com que os produtores da AAS não avaliem a eficiência do tratamento da água, ou seja, não conhecem os sais presentes na água subterrânea de origem e nem quanto a osmose reversa retirou desses sais, e por conseqüência não sabem quanto de sais devem ser adicionados. Então, a resolução facilita enganar o consumidor, visto que o produtor tem a liberdade de informar a população uma formulação que não corresponde à realidade do produto.

Não há porque existir as águas adicionadas de sais no Município de Fortaleza, é um produto criado com intenção capitalista. Nosso Estado já possui os minerais (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ e K^+) em suas águas subterrâneas. Na realidade o que acontece é um desperdício dos sais, sem nenhum aproveitamento, retirados da água original, diminuindo ao invés de serem

acrescidos, ou diminuem e acrescentam em uma proporção insignificante em relação ao estado inicial.

O fato é que a população paga por necessitar de uma água tida como nutricional e o que se constata é que os rótulos avaliados não apresentam a real composição do produto. As AAS são comercializadas a um preço inferior ao da água mineral, motivo de conflito entre os envasadores. Se fossem realmente fazer o processo de adição, o custo sairia mais elevado, porque primeiro é feito um tratamento na água com a retirada de sais, e depois teriam que repor a quantidade determinada de sais.

Em Fortaleza, a COGERH possui Câmaras Técnicas específicas, criadas no âmbito do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará - CONERH, para cada tema, como outorga, licença e águas subterrâneas. Dentro da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas, a qual estuda questões envolvendo as águas subterrâneas estaduais, sentiu-se a necessidade, cogitada pelos Sindicatos (SINDBEBIDAS e ABINAP), ambos vinculados à FIEC, de um Grupo que trabalhasse especificamente com águas envasadas. Assim, foi criado o GTAE - Grupo de Trabalho de Águas Envasadas, que funciona provisoriamente, para analisar o deferimento da outorga de direito de uso da água, o licenciamento ambiental e a autorização sanitária para as atividades de água mineral e das águas adicionadas de sais, de modo a atender as necessidades dessa atividade. É um Grupo composto por representantes de entidades diversas que estão ligadas ao tema, como Sindicato de água mineral, FIEC, FUNCEME, DNPM, COGERH, NUVIS/SESA, defesa civil e outras. Reunem-se duas vezes ao mês e já possui um banco de dados envolvendo as informações dessas entidades, visando a uniformizar procedimentos para o licenciamento da atividade e para atuar na inibição às empresas que estão clandestinas no mercado, que atualmente colocam em risco a saúde da população.

Com o intuito de concretizar essa inibição, estão sendo realizadas fiscalizações conjuntas onde participam a COGERH, através do Núcleo de Fiscalização da GEOFI, SRH, Vigilância Sanitária do Estado, SEFAZ e Polícia Ambiental. A última operação ocorreu no dia 25 de março de 2008, sendo dado prioridade ao combate das empresas clandestinas de envase de água. A proposta do grupo de trabalho é que ocorram duas operações por mês.

Na rotina de legislação dessa atividade há alguns desencontros, visto que cada órgão é responsável pela expedição de um documento específico, ficando a empresa às vezes parcialmente regularizada. Conforme informações do GTAE – Grupo de Trabalho de águas envasadas, as águas explotadas e comercializadas no Estado do Ceará, são as listadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação das empresas envasadoras de água no Estado do Ceará

Empresas/Marcas		Empresas/Marcas	
Adicionadas de Sais	Localidade	Minerais	Localidade
Clara	Aquiraz	Litorágua	Aquiraz
Regina	Aquiraz	Fontana *	Aquiraz
Nossa Água	Aquiraz	Olympia Felicidade**	Aquiraz
Sagrada	Aquiraz	Límpida	Aquiraz
Nevágua	Aquiraz	Dulcinágua	Horizonte
Hialina	Senador Pompeu	Olympia	Pacoti
Yara	Senador Pompeu	Pacoti	Pacoti
Água de Fátima	Eusébio	Adorágua	São Gonçalo do Amarante
Aquarius	Maracanaú	Serra Grande	São Benedito
Apodi	Tabuleiro do Norte	Acácia	Ipu
Aquavi	Pacatuba	São Geraldo	Juazeiro do Norte
Prisma da Serra	Pacoti	Serra Bella	Crato
Iracema	Fortaleza	Farmace	Barbalha
Sta. Sophia	Fortaleza	Neblina	Guaramiranga
Clareza	Fortaleza	Indaiá	Guaramiranga
Uirapuru	Fortaleza	Indaiá	Fortaleza
Sta. Mônica	Fortaleza	Naturágua	Fortaleza
Fortágua	Fortaleza		
Marinágua	Fortaleza		
Bonágua	Fortaleza		
Ricca	Fortaleza		
Ouro Azul	Fortaleza		
São Francisco	Fortaleza		

Fonte: Modificado do GTAE, 2008

*Fonte interdita (processo de regularização)

**Fonte desativada

Vale ressaltar que os nomes listados na Tabela 2 são de algumas águas que estão registradas em algum órgão, no NUVIS – Núcleo de Vigilância Sanitária da Secretaria de

Saúde do Estado do Ceará, na SEMAM junto a ELAM – Equipe de Licenciamento Ambiental, no DNPM e SINDBEBIDAS. Afora as clandestinas e também as irregulares, aquelas que atendem uma parte da legislação, ou seja, possuem um alvará sanitário, mas não possuem outorga.

A Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986 (CONAMA) considerou como 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: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V – a qualidade dos recursos ambientais. (SOUZA, 2001, P.56).

Considerando esse conceito pode-se dizer que no geral a atividade de mineração de água mineral é considerada pouco impactante. Seu principal impacto ambiental seria a redução dos mananciais caso haja uma super exploração de água mineral, uma captação muito além da capacidade de recarga do aquífero.

3.2 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável

É crescente a consciência de que nosso sistema vital está posto em perigo, bem como que as decisões econômicas tomadas pelos indivíduos na base de critérios locais, estreitos, em curto prazo, podem produzir resultados desastrosos globais e em longo prazo.

É crescente também a consciência que modelos econômicos e ecológicos tradicionais são curtos ou têm pouca habilidade para tratar dos problemas de acesso a uma quantidade adequada de alimento, fontes seguras e suficientes da água, abrigo seguro, e acesso ao cuidado da instrução e de saúde (COSTANZA, 2006).

Leonardo Boff (2006) acredita que para a vida se sustentar é preciso encontrar um equilíbrio dinâmico entre todos os fatores interrelacionados de reprodução e relata que:

O pressuposto teórico da alternativa da Sociedade de Sustentação de toda Vida é a moderna visão segundo a qual tudo, o energético, o físico, o psíquico, o econômico, o social e o espiritual não são instâncias justapostas, mas são todas interdependentes formando um complexo e grande sistema. Niels Bohr⁴, um dos criadores da mecânica quântica, bem dizia que tudo está relacionado com tudo e não existe nada fora da relação. O universo não é feito pela soma dos seres existentes, mas pela teia de relações entre todos eles. Consoante esta perspectiva, a vida para que se sustente,

⁴ Aage Niels Bohr físico dinamarquês que ganhou o Prêmio Nobel de Física (1975).

precisa encontrar aquele equilíbrio dinâmico de todos os fatores interconectados que garantem reprodução e coevolução. (BOFF, 2006).

3.2.1 Conceito de sustentabilidade

Desenvolvimento sustentável, ou sustentabilidade tem se tornado um termo comum nas mais diversas áreas da atividade humana, com interpretações variadas. Dão ênfases a vários termos como: agricultura sustentável, indústria sustentável, crescimento econômico sustentável, sociedade sustentável etc. Apesar de muitas discussões que datam da década de 1950, o conceito de desenvolvimento sustentável só foi lançado em 1987, pela *World Commission on Environment and Development* (WCED), ao declarar que o desenvolvimento sustentável considera as necessidades e as aspirações presentes da sociedade, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras em também satisfazer as suas (SOUZA, 1995, p. 26)

Na década de 1960 o conceito de desenvolvimento significava crescimento econômico (o que não é verdade). Rodríguez diferencia-os expressando que:

[...] desenvolvimento significa expansão ou realização de potencialidades, alcançando gradualmente um estado melhor, maior e mais pleno [...] quando algo desenvolve, converte-se em algo diferente. [...] a qualidade de vida identifica-se com SER. É um conceito de ordem qualitativa que implica uma série de subjetividades e especificidades, dificilmente medidas de maneira objetiva. Dirige-se a satisfazer as necessidades humanas, por parte dos próprios grupos humanos. Considera as necessidades de subsistência, proteção, participação, identidade, criação, ócio, entendimento, liberdade e afeto. (RODRIGUÉZ, 1997, p. 56).

E crescimento:

[...] significa o aumento de tamanho por edição de materiais através da assimilação ou do crescimento [...] quando algo cresce converte-se em algo maior. O nível de vida identifica-se com TER. A relação do acesso da população ao consumo de determinados bens e serviços. (RODRIGUÉZ, 1997, p. 56).

Celso Furtado simplifica dizendo:

[...] uma das abordagens mais comuns vê a dicotomia crescimento *versus* desenvolvimento nos seguintes termos: o crescimento ocorre em termos eminentemente econômicos, detectado pelo aumento da quantidade produzida em um certo período de tempo, em um dado espaço territorial; enquanto o desenvolvimento se manifesta pela distribuição equitativa dos resultados do crescimento para a população. (FURTADO, 1974 apud CHACON, 2007, p. 107).

Apesar de o cenário da miséria, da pobreza e da escassez de recursos estarem no contexto de nossa sociedade por meio do modo de produção atual, tornou-se preocupante pela

proporção e intensidade atingida desses fatos. No início da década de 1970, percebe-se a preocupação em unir desenvolvimento com qualidade ambiental. Partindo das idéias neomalthusianas, um grupo de cientistas, previa uma catástrofe caso não se impedisse o crescimento populacional e não houvesse uma redução drástica das atividades industriais com base no consumo de recursos naturais. Um relatório denominado “Limites do crescimento”, elaborado para o Clube de Roma, popularizou essas teses neomalthusianas, cujo texto ficou conhecido como “Relatório Meadows” (SOUZA, 2000, p. 11; 19).

Em 1971, destaca-se um dos trabalhos preparatórios para a Conferência de Estocolmo o Seminário sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento de Founex, Suíça, promovido pela ONU, no qual houve uma evolução da concepção de incompatibilidade entre desenvolvimento e meio ambiente (ELLIOTT, 1994).

Ainda no clima de opinião de “crescimento zero” defendida pelo Clube de Roma, aconteceu a Conferência de Estocolmo em 1972. Mesmo com um trabalho intenso de preparação para um consenso mundial, o Brasil liderou um grupo de países contrários a interromper o processo de crescimento econômico, alegando injustiça para com os países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, que buscavam o direito de crescer e alcançar os padrões de bem-estar alcançados pelas populações dos países ricos (SOUZA, 2000, p. 20).

Segundo Sachs (1986), os primeiros passos para a nova visão do desenvolvimento foram dados em 1972: o desenvolvimento não se reduziria ao crescimento econômico, pois não seria uma nova forma de desenvolvimento, mas a dimensão ambiental seria uma dimensão adicional do desenvolvimento. A Conferência de Estocolmo foi um marco, segundo Diegues (1989), por estimular a consciência global sobre os problemas ambientais, e principalmente, por introduzir uma discussão crítica aos modelos de desenvolvimento. Criou também o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA); o Programa Observação da Terra, Earthwatch, para monitorar as diversas formas de poluição, e a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), esta última composta por alguns países membros da ONU e presidida por Gro Harlem Brundtland, então primeira-ministra da Noruega. Em 1972 também se destacou o posicionamento da Assembléia Geral das Nações Unidas, que enunciou princípios visando orientar a humanidade quanto a preservação e melhoria do meio ambiente (DIEGUES, 1989; SACHS, 1986; SOUZA, 2000, p. 20).

Na década de 1980 buscava-se formular políticas para a ação que integrassem o meio ambiente às práticas de desenvolvimento. Mas, anteriormente ao trabalho da CMMAD, na

qual são utilizados os conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade, predominavam as idéias de ‘ecodesenvolvimento’, elaboradas por Maurice F. Strong, então diretor do PNUMA, como uma política alternativa de desenvolvimento, defendida pelo cientista social Ignacy Sachs, idealizador dos princípios básicos da nova visão. Atualmente os conceitos de ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável são usados como sinônimos, embora Sachs (1986) tenha definido um estilo de desenvolvimento especialmente adaptado às regiões rurais do Terceiro Mundo (SOUZA, 2000, p. 13; 21-22).

Ignacy Sachs foi um economista que percebeu que o desenvolvimento da humanidade não pode ser compreendido apenas sob o ponto de vista de uma ciência, ou promovendo apenas um fator como responsável pela melhoria da qualidade de vida de uma população. Reformulou o conceito de ecodesenvolvimento e definiu suas dimensões, chamando-o de desenvolvimento ecologicamente sustentável. Sachs mostrou a importância do espaço para o desenvolvimento. As peculiaridades econômicas, naturais, sociais e culturais de um lugar devem ser entendidas e respeitadas para o alcance de um real processo de desenvolvimento sustentável. Não se pode promover o desenvolvimento de um lugar sem considerar as suas características peculiares, conhecer sua história, respeitar sua organização social e particularidades culturais (CHACON, 2007, p. 111).

Em 1987 foi publicado um relatório, resultado de pesquisa do período de 1983 a 1987 da CMMAD, relativo à situação de degradação ambiental e econômica da Terra, conhecido como “Relatório Brundtland” ou *Our common future* (Nosso futuro comum). Esse relatório mostra a interdependência entre meio ambiente, crescimento econômico e desenvolvimento: é uma visão complexa dos problemas sociais, econômicos e ecológicos da sociedade global, ressaltando a interligação entre economia, tecnologia, sociedade e política e advertindo para uma nova postura ética, entre gerações (atual e futura). A não-observância da interdependência entre meio ambiente e desenvolvimento e também da amplitude global que os problemas atingem, pode ser constatada pela destruição do habitat, pela redução da biodiversidade e pelo efeito estufa (SOUZA, 2000, p. 13; 22). Então, o Relatório Brundtland define o desenvolvimento sustentável como:

[...] um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforça o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras... é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.[...] (LIMA et al., 2000, p. 414).

Paulatinamente as idéias da dimensão da proteção ambiental foram sendo debatidas, servindo como embasamento para uma nova Conferência sobre o meio ambiente realizada no Rio de Janeiro (Rio-92) para a elaboração de propostas políticas. A Agenda 21 foi aprovada durante esta Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, mais conhecida como ECO-92. A Agenda 21, destinada à promoção do desenvolvimento sustentável em escala planetária, é um documento referencial que determina ações concernentes a diversos setores com o intuito de por em prática as idéias de sustentabilidade. A Agenda 21 (ou o Programa 21, como é chamado pela ONU, por sua abrangência) é uma espécie de roteiro para indicar à humanidade a direção rumo a um desenvolvimento que considere as questões ambientais no processo de decisão. São definidas as dimensões sociais e econômicas, as medidas de conservação e gerenciamento dos recursos naturais, as iniciativas para o fortalecimento do papel dos grupos principais e ainda os meios de implementação do desenvolvimento sustentável (CONFERÊNCIA..., 2001; SOUZA, 2000, p. 13-14; 22-23).

Considerando a forma de apropriação da natureza pelo sistema econômico, e pelos modelos de produção que comandam o progresso da civilização moderna, como ameaça à preservação da natureza e a própria existência do ser humano na Terra, tem-se um grande desafio para o capitalismo. A sustentabilidade surge como uma condição para a sobrevivência humana e um suporte para chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases da produção. O caminho a ser trilhado pela humanidade será determinado pelas escolhas políticas (LEFF, 2001, p. 15).

A dificuldade de implantação do desenvolvimento sustentável, segundo Andrade (1994) no que diz respeito à degradação ambiental, muito se deve aos interesses políticos e econômicos que determinam a ocupação do território e a intensificam pelos interesses do modo de produção. Observa-se que nos países socialmente mais equilibrados e democráticos, a consciência, a mobilização e a participação popular em relação à administração dos espaços locais são diferentes dos países subdesenvolvidos. O Brasil embora não sendo o único, apresenta como característica determinante sua formação colonial, então carrega fatores históricos e estruturais como a desigualdade social e a busca pela manutenção do *status quo* pelos setores dominantes (SOUZA, 2000, p. 16).

Para salientar o quanto é importante pensar na interdependência, Cavalcanti (1995) faz uma observação significativa quanto à sustentabilidade, afirmando que o processo econômico não se auto-sustenta, porque ele não existe no vácuo, ele não está desintegrado do meio

ambiente. O subsistema econômico é fortemente dependente do equilíbrio do sistema ambiental, podendo qualquer alteração de ordem natural no meio ambiente acarretar mudanças imprevisíveis e até irreversíveis. Acrescenta que o conceito de sustentabilidade equivale à idéia de manutenção de nosso sistema de suporte da vida, que obedece às leis da natureza, reconhecendo o que é biofisicamente possível em longo prazo. De outra forma, Merico (1996, p. 31) define a sustentabilidade afirmando que a capacidade de sustentação dos ecossistemas será garantida quando forem seguidos os dois pressupostos: 1) não retirar dos ecossistemas mais que sua capacidade de regeneração; 2) não lançar aos ecossistemas mais que sua capacidade de absorção.

Rodriguez (1997, p. 58) vê, no desenvolvimento sustentável, várias dimensões: ambiental, cultural, espacial, econômica, social e tecnológica. Já Magalhães (1995, p. 419) define desenvolvimento sustentável como sendo aquele que tem capacidade de permanecer ao longo do tempo, ou seja, é o desenvolvimento durável, em todas as suas dimensões, consideradas por ele (além do aspecto global), mais quatro: econômica, social, ambiental e política. A definição do conceito de sustentabilidade é um aspecto fundamental na teoria do desenvolvimento sustentável. Duas características são inerentes à idéia de sustentabilidade, nas suas diversas dimensões: a visão de longo prazo e a participação da sociedade (MAGALHÃES, 1995, p. 421; RODRIGUÉZ, 1997, p. 55).

Segundo Rodriguez (1997, p.56) a sustentabilidade social, é o manejo da organização social compatível com os valores culturais e éticos do grupo envolvido e da sociedade, que aceita a continuidade de tal processo em suas comunidades e organizações. Bellen (2007, p. 37) esclarece que a sustentabilidade social acontece quando “[...] a ênfase é dada à presença do ser humano na esfera. A preocupação maior é com o bem-estar humano e os meios utilizados para aumentar a qualidade de vida dessa condição”.

A dimensão social (humana) do desenvolvimento sustentável é descrita segundo Rodriguez (1997) dando ênfase a uma forma social de repartição justa:

A dimensão social (humana) refere-se a justiça e seguridade social, a estabilidade sócio-estrutural e a satisfação das necessidades básicas, como formas sociais que propiciam o usufruto e posse da terra, através de um sistema de repartição baseado na autonomia, igualdade, democracia e solidariedade, procurando a máxima utilização, dos recursos humanos (RODRIGUÉZ, 1997, p. 59).

No entanto no capitalismo dificilmente existirá uma repartição justa, visto que há um acúmulo de riquezas, apesar do debate atual do desenvolvimento sustentável. Camargo (2003, p. 78) questiona se o desenvolvimento poderia ser “sustentável” de fato em uma sociedade

industrial capitalista. Acredito que será um caminho a ser percorrido por várias gerações, transformações gradativas tais como já aconteceram no passado, impulsionando para uma mudança de paradigma, mudando profundamente a realidade com novas exigências.

Uma das questões do desenvolvimento sustentável é a equidade intrageração no uso dos estoques de capital natural, podendo ser visto de duas formas. A primeira, é que as populações menos abastadas são mais afetadas pela degradação ambiental. Isso se repete desde o nível local, urbano, onde geralmente as populações empobrecidas ocupam áreas com maior risco ambiental, além de sofrerem com a carência de saneamento, limpeza urbana, exposição à poluição etc, até o nível global, no qual se observa que as nações empobrecidas ou subdesenvolvidas são mais diretamente dependentes da base de recursos naturais, utilizando-os até a exaustão e sofrendo as conseqüências ambientais dos desequilíbrios gerados. Como exemplos podem ser citados a desertificação na África e sua conseqüente escassez de água; a destruição de florestas tropicais e a drástica redução de biodiversidade. Outra questão é a relação diferente entre os níveis de consumo entre os povos. É necessária uma revisão nos padrões de consumo nos países centrais para que os estoques de capital natural possam estar disponíveis para a elevação da qualidade de vida nos países mais pobres (MERICCO, 1996, p. 145-146).

Apesar de, atualmente, as empresas mencionarem o conceito de responsabilidade social, isto é, a busca do bem-estar social, levando em consideração a qualidade de vida das pessoas, capitalizando lucros, usando adequadamente os recursos disponíveis, sejam eles humanos, de capital ou tecnológicos, sem agressões ao meio ambiente e incorporando a ética empresarial, assumindo, responsabilidades para com a sociedade; não é suficiente para contemplar a sustentabilidade social. Mesmo que o conceito de responsabilidade sócio-ambiental esteja próximo ao conceito de desenvolvimento sustentável, não se consegue visualizar a sustentabilidade social empresarial. O que se percebe é que a maioria das empresas utiliza essas ações com o nome de responsabilidade social para troca de interesses, ou até mesmo tentar ocultar problemas internos, lançando projetos sociais externos, ou seja, fazendo da responsabilidade social um marketing (ROSAS, 2002, p. 13; 20).

Leff (2001) ressalta que a preponderância política do sistema econômico comanda atualmente as decisões que afetam a todos e trilha o caminho do desenvolvimento. Prioriza o ganho de poucos, considerados mais capazes, em detrimento de uma parcela cada vez maior da população mundial que é excluída, por ser supostamente menos eficiente e incapaz de “vencer” a concorrência com seus semelhantes. As populações que não possuem acesso à

informação e à educação formal e tecnológica, não estão capacitadas para competir e por isso estão excluídas de receber os benefícios do desenvolvimento. Aqueles capacitados podem até tentar minimizar a exclusão em ações pontuais, mas não produzem condições de transformação verdadeira. As ações assistencialistas, além de não mudarem a realidade, podem até reforçá-la, no momento em que colocar a população em uma situação de dependência de decisões e recursos externos, sem tirá-los da condição de excluídos para o sistema. É necessário a valorização de novos conceitos como o saber ambiental e vontade política, para que as populações consideradas excluídas, reconheçam o seu poder de transformação de suas vidas a partir de seus saberes. É o que Leff relata ao escrever que:

A questão ambiental emerge de novos valores e novos princípios que levam à reorganização social e da produção para a reapropriação da natureza e da cultura. Isto implica o estabelecimento de novas relações sociais de produção e de novos sentidos civilizatórios, donde emerge um *poder feito de uma nova matéria, sujeito a novas regras*. Daí que hoje os efeitos simbólicos de uma estratégia antibelicista possam desarticular a produção de armamentos nucleares, ou a legitimação dos direitos indígenas possam desarmar a prepotência do Estado autoritário. A fortaleza dos movimentos da cidadania depende de sua capacidade de inventar *novas estratégias de poder*, capazes de burlar o poder tecnoburocrático e de construir uma nova racionalidade social. (LEFF, 2001, p.126, grifo do autor).

Não será considerada nesta dissertação a análise da sustentabilidade social, visto que é de âmbito maior, já que diferentes seguimentos sociais, com modos particulares de interação e uso das propriedades do meio biofísico, portam-se de formas diferenciadas, quando requisitados a modificar suas relações com o meio ambiente. Para cada sociedade e momento histórico, há uma equação necessária de adaptação do meio-ambiente e a organização social (FELICIDADE; MARTINS; LEME, 2001, p. 35).

Nesta dissertação serão destacadas duas dimensões da sustentabilidade: a sustentabilidade financeira e a sustentabilidade ambiental.

3.2.2 Sustentabilidade financeira e sustentabilidade econômica

A sustentabilidade financeira, segundo Rodríguez (1997, p.55), é a habilidade de um sistema ambiental manter a produção através do tempo, mesmo na presença de restrições geológicas⁵ e sócio-econômicas. O sistema deve produzir uma rentabilidade razoável e estável através do tempo para que o manejo se torne contínuo ao longo do tempo.

⁵ Ver geocologia - termo utilizado para abordar o estudo das paisagens, como sendo o suporte dos ecossistemas naturais e culturais (GUERRA; GUERRA, 2001, p. 295).

Quanto à dimensão econômica do desenvolvimento sustentável, Rodríguez (1997, p. 59) afirma que a mesma está direcionada para a estabilidade econômico-financeira, na forma macroeconômica de administração dos recursos, seja pela descentralização econômica, através da localização e gestão-eficiente desses recursos e do aumento na produção de bens e serviços. A avaliação da eficiência econômica também é de visão macro, analisando o lado social, no qual a gestão participativa e democrática dos recursos e o aproveitamento racional de terras improdutivas legitimam e dão crédito aos setores informais.

Para Magalhães (1995, p. 419), o conceito da dimensão econômica, está na visão dos economistas, isto é, define como sendo a capacidade de sustentação econômica dos empreendimentos. Para esta dissertação admite-se de maneira geral que um empreendimento terá sustentabilidade financeira se o faturamento anual for igual ou superior as suas despesas, pois é necessário que a atividade se autosustente. A sustentabilidade financeira está no âmbito do empreendimento, refere-se estritamente à medição dos índices de eficiência financeira, está relacionada diretamente ao retorno financeiro de um investimento.

Haja vista que a sustentabilidade econômica é muito mais abrangente, Bellen (2007, p. 34) esclarece que a sustentabilidade econômica “[...] abrange alocação e distribuição eficiente dos recursos naturais dentro de uma escala apropriada [...] vê o mundo em termos de estoques e fluxo de capital” (capital não apenas monetário ou econômico, mas também capital ambiental e/ou natural, capital humano e capital social). Sachs (1994) também descreve a sustentabilidade econômica, como uma alocação mais eficiente dos recursos, inclusive entre as nações e deve ser medida em termos macrossociais, e não apenas no âmbito das empresas.

O que se busca nessa dissertação ao investigar a sustentabilidade financeira de um empreendimento de água envasada, não é a possibilidade de lucro em uma atividade comercial, mas mostrar que a formação do preço da água envasada tem como base não o custo de produção e sim a disposição a pagar dos usuários. Com isso, o envasador está servindo de intermediário de um bem natural, o qual poderia estar inserido no quadro de políticas públicas que visem solucionar o problema do abastecimento de água. Nesse momento não será analisada a sustentabilidade econômica, devido à necessidade de análise de outras questões como formação de preço capitalista, impactos sociais e éticos da atividade.

3.2.3 Sustentabilidade ambiental

A sustentabilidade ambiental, segundo Rodríguez (1997, p. 55), é uma relação de espaço e tempo entre Sociedade-Natureza, implica na coexistência harmônica do ser humano com seu ambiente, frente o equilíbrio de sistemas transformados e criados através da

eliminação de resíduos. Pressupõe a união de conceitos temporais, tecnológicos e financeiros, refletindo a dinâmica de transações de fluxos de EMI (Energia, Matéria e Informação).

Bellen (2007, p. 37) esclarece a sustentabilidade ambiental como que “[...] a sua principal preocupação é relativa aos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. [...] significa ampliar a capacidade do Planeta pela utilização do potencial encontrado nos diversos ecossistemas, ao mesmo tempo em que se mantém a sua deterioração em um nível mínimo.”

Rodríguez (1997) dá ênfase à administração quanto à necessidade de conservar os recursos facilmente esgotáveis, ao descrever a dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável:

A dimensão ambiental corresponde de forma integrada ao manejo dos recursos, através da sua utilização em função da atividade, procurando limitar, conservar e potencializar a base ecológica do patrimônio dos recursos facilmente esgotáveis. Procura ainda, em respeito à complexidade funcional, mecanismos de autoregulação e estrutura, mantendo a integridade, os ciclos e ritmos da natureza, minimizando os danos e impactos. Através da criatividade ecológica tem a capacidade de controlar riscos, catástrofes e perturbações de ordem ambiental. (RODRIGUÉZ, 1997, p. 58).

Sachs (1994) refere-se à criatividade ecológica como sendo a ação de limitar o uso de recursos não-renováveis e aumentar o uso adequado de recursos renováveis; diminuir a poluição e aumentar a reciclagem; conscientizar para a limitação do consumo por países e indivíduos; aumentar as pesquisas para descobrir tecnologias limpas; normatizar, institucionalizar e instrumentar a proteção ao meio ambiente (CHACON, 2007, p. 121).

Magalhães (1995, p. 419), resume isso ao definir o conceito da dimensão ambiental como sendo a necessidade de conservação dos recursos naturais e da capacidade produtiva da base física.

O sistema econômico depende do sistema ecológico, à medida que os recursos naturais são a base de qualquer processo produtivo, e que o capital natural, quanto aquele construído pelo homem, são complementares; é necessário a manutenção das funções econômicas do ambiente natural. Dentre estas funções estão: o suprimento direto de recursos naturais (matérias primas) para o processo de produção (madeira, minerais, água, solo); o fornecimento de serviços ambientais dos sistemas de suporte da vida (ciclos biogeoquímicos, regulação climática, proteção da camada de ozônio, funcionamento geral dos ecossistemas); a capacidade assimilativa dos resíduos oriundos do processo econômico (capacidade assimilativa dos oceanos, rios, atmosfera); e, ainda, como fonte de lazer, recreação, ou fonte

direta de bem-estar através da utilização da natureza para apreciação, valores espirituais etc (CHACON, 2007, p. 122; MERICO, 1996, p. 142).

Um exemplo de sustentabilidade ambiental é o de Munique, Alemanha, o governo implantou um sistema de abastecimento de água na década de 1960, com planejamento para o ano 2000. Idealizou a gestão da demanda da água com visão de futuro, trocando aparelhos que consumiam mais água, como tipos de descargas, além de trabalhar a conscientização da população, conseguindo com que depois de 35 anos, no ano de 2000, o consumo de água fosse o mesmo que em 1965. Outro fato, é que, captando água de poços e utilizando uma política severa de conservação da qualidade da água, sem uso de agrotóxico, metais pesados ou outra coisa qualquer, até o ano 2000, a água não precisava de nenhum tratamento. Indicando efetiva sustentabilidade ambiental (SWE, 1999).

As condições de sustentabilidade ambiental da região nordestina não são favoráveis, visto que a contínua perda da produtividade da terra, a exaustão de recursos naturais não-renováveis e diminuição dos depósitos de água subterrânea são indicadores de insustentabilidade. Em várias regiões se podem observar os processos de desertificação, que refletem as condições de uso insustentável dos solos, da vegetação, dos recursos hídricos e da biodiversidade. Os recursos sofrem grande pressão pelas atividades humanas e suas conseqüências sobre o uso do solo e da água. Isso se deve às políticas que, quando não ignoram completamente a importância do semi-árido, ratificam sua condição de dependência e partem da idéia de que esse território não é viável economicamente (CHACON, 2007, p. 280; MAGALHÃES, 1995, p. 423).

Lima et al (2000, p. 415) discorrem sobre a escassez da água: “O recurso água, diferentemente da maioria dos recursos essenciais à vida, possui limites de disponibilidade bem definidos”. Esses limites não dizem respeito só à quantidade, mas, também à qualidade.

Puerari (2005) relata que a importância da água subterrânea no abastecimento de água potável no Estado do Ceará deveria priorizar a proteção de aquíferos, para prevenir a deterioração ou perda da qualidade dessa água. O fluxo da água subterrânea e o transporte dos contaminantes não são fáceis de observar, então o processo é lento e é desconsiderado o risco de contaminação. Apesar do alto impacto nas fontes de abastecimento de água potável e alto custo ou inviabilidade técnica da reabilitação (descontaminação) de aquíferos. E diz que:

Os compostos que representam a maior ameaça à qualidade da água subterrânea e a saúde humana são certos tipos de hidrocarbonetos halogenados⁶, de grupos alifáticos e aromáticos. São moderadamente solúveis em água, relativamente móveis e persistentes no subsolo e de uso bastante amplo em toda escala industrial como solventes, desinfetantes e desodorantes sintéticos. (PUERARI, 2005, p. 22).

Por isso para se alcançar o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, é necessária a adoção de medidas de gestão adequadas que evitem a degradação deste recurso e que permitam a sua proteção, especialmente em áreas sujeitas a maior risco de poluição (LEITÃO et al, 2003).

Duas variáveis são importantes como parâmetros para a sustentabilidade ambiental, a vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas e a recarga do aquífero, compondo a avaliação qualitativa e quantitativa do recurso.

Uma ferramenta importante para gerenciamento dos recursos subterrâneos é a avaliação da vulnerabilidade de uma região. A vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas é conceituada como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente. Este conceito de vulnerabilidade foi introduzido inicialmente no final dos anos sessenta na França. A avaliação da vulnerabilidade foi determinada pela sua capacidade de delimitar áreas que possuem mais probabilidades que outras de serem contaminadas, em consequência de atividades antropogênicas desenvolvidas na superfície do solo (BABIKER et al, 2005).

A vulnerabilidade das áreas é dividida pelos métodos por classes de definição prática: extrema vulnerabilidade – vulnerável a muitos poluentes, com rápido impacto em muitos cenários de contaminação; alta vulnerabilidade – vulnerável a muitos poluentes, exceto aqueles pouco móveis e pouco resistentes; moderada vulnerabilidade – vulnerável a alguns poluentes, mas somente quando continuamente lançados; vulnerabilidade baixa – vulnerável a contaminantes conservativos em longo prazo, quando continuamente e amplamente lançados; vulnerabilidade insignificante – quando não significativa devido às camadas confinantes. Importante observar que os aquíferos classificados como de menor vulnerabilidade à contaminação, quando contaminados, geralmente tendem a ser os mais difíceis de serem reabilitados (PUERARI, 2005, p. 84).

⁶ Compostos organo-halogenados possuem como principais propriedades: a densidade maior que a da água; baixa biodegradabilidade; média solubilidade; volatilidade; fluidez e baixa adsorção pelos solos. São gerados pelas atividades de pavimentação; indústrias químicas; garagens e lavanderias.

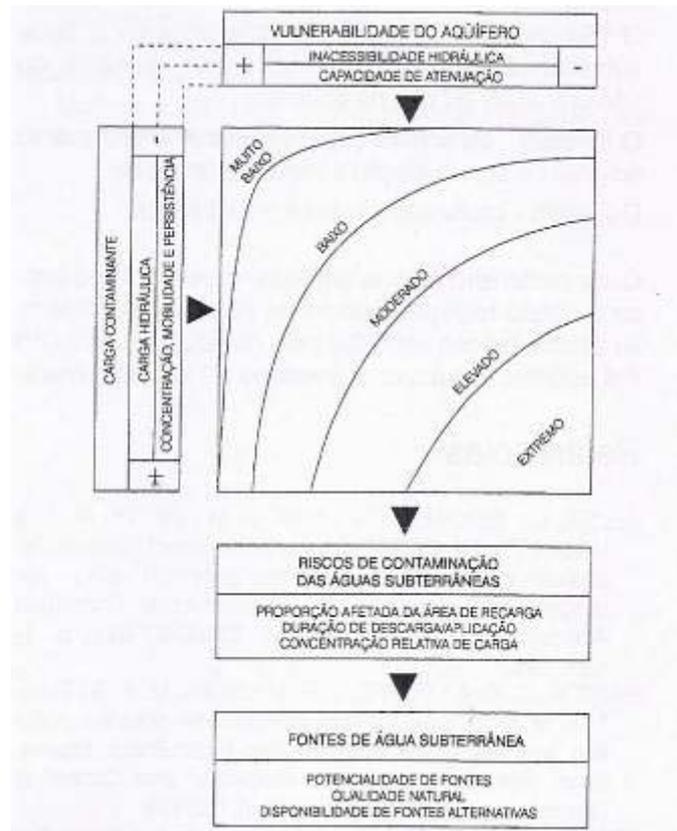


Figura 5 – Esquema conceitual de risco de contaminação das águas subterrâneas
 Fonte: FOSTER et al., 1987 apud COSTA, 2000, p. 365.

Conforme a Figura 5, uma área pode ser de alta vulnerabilidade, porém com baixo risco de contaminação, definida como a probabilidade de as águas subterrâneas se contaminarem com concentrações acima dos valores recomendados (por exemplo, pela Organização Mundial de Saúde – OMS). Uma carga contaminante pode ser controlada ou modificada, mas não a vulnerabilidade do aquífero, exceto quando as condições naturais são alteradas. Deve-se diferenciar vulnerabilidade de risco de poluição. O risco refere-se aos fenômenos passivos e ativos, como as características intrínsecas do aquífero e a existência de atividades poluentes. É comum afirmar que, quando a contaminação se propaga lentamente, o meio é pouco vulnerável, mas isso é questionável, visto que não há certezas do seu comportamento a longo prazo, já que o contaminante é conservativo ou pouco degradável e não se dilui, acabará aparecendo (COSTA, 2000, p. 364-365).

No processo de contaminação das águas subterrâneas, tem-se como parâmetro importante a recarga, visto que a quantidade de uma carga poluente que pode atingir o aquífero tem relação direta com o volume de água que infiltra, ou seja, tem ligação direta com

processos de dispersão e diluição de contaminantes tanto na zona não saturada como na zona saturada (BARRETO, 2006, p. 44; 114).

É importante reconhecer que a vulnerabilidade de um aquífero depende também do tipo de poluente potencial. Por exemplo, a água subterrânea pode ser muito vulnerável a uma carga de nitratos, proveniente de técnicas agrícolas inadequadas, no entanto, ser pouco vulnerável a outras cargas. Baseado nesse fato recomenda-se avaliar a vulnerabilidade à poluição em relação a casos específicos de poluição, buscando criar o conceito de vulnerabilidade específica. O mapeamento específico para a vulnerabilidade, embora desejável, não é sempre factível, pois a quantidade de dados disponível pode não ser suficiente para essa elaboração (LNEC, 2002).

Existe uma variedade de métodos para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos. Entre essas propostas pode-se citar: o método EPPNA, proposto pela Equipe de Projeto do Plano Nacional de Água (1998), o qual avalia a vulnerabilidade considerando as características litológicas e hidrogeológicas de uma área (PARALTA; FRANCÉS; RIBEIRO, 2005); o índice GOD, proposto por FOSTER (1987), o qual considera três fatores: G (*Groundwater occurrence*) – ocorrência de água subterrânea, ou seja, se o aquífero é livre, semiconfinado e confinado; O (*Overall aquifer class*) – classe de aquífero em termos de grau de consolidação e litologia; D (*Depth to groundwater table or strike*) – profundidade ao topo do aquífero.

O índice AVI, índice de vulnerabilidade do aquífero, desenvolvido pelo *National Hydrology Research Institute* (NHRI), no Canadá, baseia-se em dois parâmetros físicos: a espessura de cada camada sedimentar acima da zona saturada mais próxima da superfície e a condutividade hidráulica estimada de cada uma destas camadas (LEITÃO et al, 2003).

O índice SINTACS foi proposto por CIVITA (1994), baseado no método DRASTIC, utiliza os mesmos parâmetros: S – profundidade do nível freático; I – recarga; N – impacto da zona vadosa; T – tipo de cobertura do solo; A – litologia do aquífero; C – condutividade hidráulica do aquífero; S – declive. Atribui índices e pesos para cada parâmetro. O resultado é o somatório dos sete índices, cada um multiplicado pelo peso respectivo (LEITÃO et al, 2003).

O índice SI é o índice de susceptibilidade, desenvolvido pelo projeto Estudo dos Recursos Hídricos subterrâneos do Alentejo – ERHSA, com o objetivo de caracterizar a vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição agrícola. Utiliza cinco parâmetros: profundidade ao topo do aquífero; recarga anual; litologia do aquífero; topografia; e uso e

ocupação do solo, aos quais são atribuídos pesos (PARALTA; FRANCÉS; SARMENTO, 2003).

Entre os índices de vulnerabilidade de aquíferos, o mais difundido atualmente é o DRASTIC, designado por um acrônimo (LNEC, 2002).

O índice DRASTIC é qualitativo, e avalia a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas a cargas poluentes, utilizando variáveis hidrogeológicas. Conforme Aller et al (1987), o índice foi desenvolvido considerando alguns pressupostos como: o contaminante é introduzido à superfície do terreno; é transportado verticalmente ao aquífero pela água de infiltração e tem a mobilidade da água. A área mínima avaliada pelo DRASTIC é de 0,4 Km². O índice é obtido através da soma ponderada de sete valores que correspondem aos seguintes parâmetros ou indicadores hidrogeológicos, como se observa na Figura 6:

D – Profundidade do nível estático (*Depth to groundwater*);

R – Taxa de recarga (*Recharge rate*);

A – Material do aquífero (*Aquifer media*);

S – Tipo de solo (*Soil media*);

T – Topografia (*Topography*);

I – Impacto da zona vadosa (*Impact of the vadose zone*);

C – Condutividade hidráulica do aquífero (*Hydraulic conductivity*).

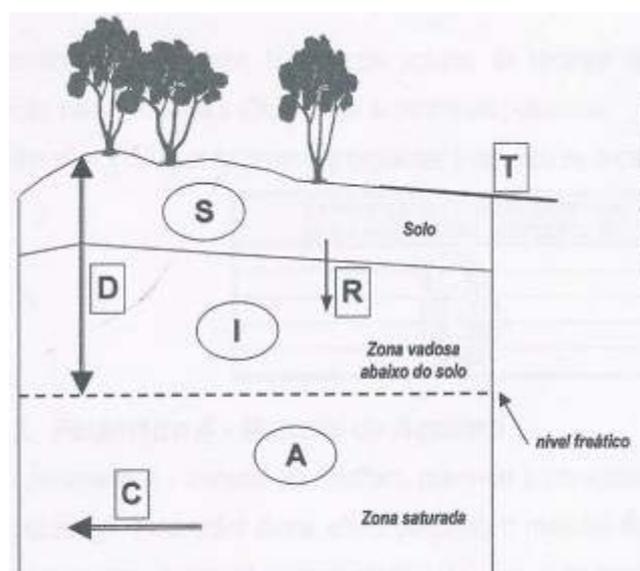


Figura 6 – Parâmetros incorporados no método DRASTIC
Fonte: LNEC, 2002, p. 12.

Para se obter o índice, efetua-se a integração dos vários parâmetros caracterizadores do meio subterrâneo e da sua especificidade. É atribuído a cada parâmetro um valor mínimo (um) e máximo (dez) cujo valor se relaciona diretamente com o potencial da poluição. Para Aller et al (1987), o peso (fixo) de cada parâmetro varia de um a cinco e reflete sua importância relativa na quantificação da vulnerabilidade. O Quadro 3 mostra o peso para cada um dos sete parâmetros. Para se obter o índice de vulnerabilidade DRASTIC utiliza-se a expressão:

$$\text{Índice DRASTIC} = \text{ID.PD} + \text{IR.PR} + \text{IA.PA} + \text{IS.PS} + \text{IT.PT} + \text{II.PI} + \text{IC.PC} \quad (1)$$

ID; IR; IA; IS; IT; II; IC = valor atribuído ao parâmetro em questão;

PD; PR; PA; PS; PT; PI; PC = peso correspondente ao parâmetro em questão.

Parâmetro	D	R	A	S	T	I	C
Peso	5	4	3	2	1	5	3

Quadro 3 – Peso relativo de cada parâmetro do índice DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

O valor do índice final de vulnerabilidade situa-se entre 23 e 226, situando-se normalmente entre 50 e 200. O Quadro 4 mostra os valores de vulnerabilidade ao índice DRASTIC e seus respectivos intervalos.

Intervalo de valores	Classificação da vulnerabilidade
<100	Vulnerabilidade insignificante
101 -119	Vulnerabilidade muito baixa
120 -139	Vulnerabilidade baixa
140 -159	Vulnerabilidade moderada
160 -179	Vulnerabilidade alta
180 -199	Vulnerabilidade muito alta
>200	Vulnerabilidade extrema

Quadro 4– Intervalos de valores de vulnerabilidade do índice DRASTIC e a classificação correspondente
Fonte: ALLER et al, 1987

Abaixo são descritos os sete parâmetros do índice DRASTIC:

D – Profundidade do nível estático: esclarece a distância vertical que um contaminante tem que atravessar para atingir o aquífero. Logo, quanto maior a profundidade, maior a dificuldade da contaminação do aquífero, então a vulnerabilidade diminui com o aumento da profundidade. A profundidade é observada diferentemente para cada tipo de aquífero, no aquífero livre, a profundidade é a distância ao nível freático; no confinado, é a distância ao

topo do aquífero. Já no semi-confinado deve-se optar entre a distância ao nível freático ou ao topo do aquífero (LNEC, 2002, p. 12). No caso de se possuir uma série temporal de dados piezométricos para aquíferos livres, recomenda-se considerar o nível mais alto, por ser o mais desfavorável. Os aquíferos confinados possuem uma resistência natural à contaminação, enquanto os não confinados são mais susceptíveis a poluição (OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 48; PUERARI, 2005, p. 95). O Quadro 5 mostra os intervalos de profundidade do nível estático e respectivos índices.

Profundidade do topo do aquífero (m)	Índice de avaliação
< 1,5	10
1,5 - 4,6	9
4,6 – 9,1	7
9,1 – 15,2	5
15,2 – 22,9	3
22,9 – 30,5	2
> 30,5	1

Quadro 5– Intervalos de profundidade e valores de avaliação do índice DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

R – Recarga do aquífero: demonstra a quantidade de água anual que infiltra até o aquífero. A recarga se dá de várias formas, não apenas pela precipitação que infiltra através da zona vadosa, mas também por meio da água que entra no sistema subterrâneo através da descarga de corpos hídricos superficiais (rios e lagos). Puerari (2005, p. 43; 95) admitiu que a recarga em Fortaleza, Ce era igual a 15% da precipitação. A recarga favorece o transporte de um poluente na zona não saturada e a disponibilidade de água para processos de dispersão e diluição tanto na zona vadosa quanto na zona saturada. Uma elevada recarga favorece a percolação dos contaminantes para o aquífero, mas também contribui para amenizar a poluição por favorecer a diluição dos poluentes (BARRETO, 2006, p. 38). O Quadro 6 demonstra os intervalos de recarga e os respectivos valores de avaliação.

Recarga do aquífero (mm/ano)	Índice de avaliação
<51	1
51 – 102	3
102 – 178	6
178 – 254	8
>254	9

Quadro 6 – Intervalos de recarga e valores de avaliação do índice DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

A – Material do aquífero: define a mobilidade do contaminante, isto é, a capacidade do aquífero em atenuar os efeitos dos poluentes. Para litologias de maior granulometria e fraturamento, as quais apresentam uma permeabilidade maior, atribui-se um maior grau de vulnerabilidade. No caso de sobreposição de aquíferos considera-se o aquífero superior (BARRETO, 2006, p. 39; PUERARI, 2005, p. 95). O Quadro 7 conforme Aller et al (1987), descreve os materiais do aquífero de acordo com a importância para atenuação do potencial de poluição. É atribuído um intervalo de valores para cada material, destacando entre parênteses o valor de avaliação típico.

Material do aquífero	Índice de avaliação
Xisto argiloso; argilito	1 – 3 (2)
Rochas metamórfica e ígnea	2 – 5 (3)
Rochas metamórfica e ígnea alteradas	3 – 5 (4)
Arenito, calcário e argilito estratificado	5 – 9 (6)
Arenito maciço	4 – 9 (6)
Calcário maciço	4 – 9 (6)
Areia e cascalho	4 – 9 (8)
Basalto	2 – 10 (9)
Calcário calcificado	9– 10 (10)

Quadro 7 – Tipos de material do aquífero e índices de avaliação DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

S – Tipo de solo: refere-se ao material do solo. Apesar de o tipo de solo ter uma importância impactante na quantidade de recarga, ele é considerado no índice DRASTIC, por sua capacidade de atenuação da poluição. A natureza do solo pode ser obtida por levantamentos geotécnicos, dos registros cartográficos e bibliográficos existentes (BARRETO, 2006, p. 39; PUERARI, 2005, p. 95). Por conta das propriedades de espessura, textura e teor de matéria orgânica que condicionam o potencial de poluição, foram definidos por Aller et al (1987) onze tipos diferentes de solos com valores atribuídos de avaliação entre um e dez, os quais se encontram no Quadro 8.

Tipo de solo	Índice de avaliação
Fino ou ausente	10
Cascalho	10
Areia	9
Turfa	8
Argila agregada ou expansível	7
Franco arenoso	6
Franco	5
Franco siltoso	4
Franco argiloso	3
“Muck”	2
Argila não agregada e não expansível	1

Quadro 8 – Tipos de solo e índices de avaliação DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

T – Topografia: refere-se à declividade do terreno. Este parâmetro define a possibilidade de um poluente escoar superficialmente ou permanecer o tempo suficiente para infiltrar e atingir o aquífero. Logo, quanto maior a declividade menor a possibilidade de infiltração e lixiviação do contaminante para o aquífero (BARRETO, 2006, p. 40; PUERARI, 2005, p. 96). O Quadro 9 demonstra as classes de declividade e os respectivos índices de avaliação para este parâmetro, conforme definido por Aller et al (1987).

Topografia (%)	Índice de avaliação
<2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 -18	3
>18	1

Quadro 9 – Classes de declividade do terreno e valores de avaliação do índice DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

I – Impacto da zona vadosa: representa a zona não saturada, de grande importância por ser a primeira e mais importante defesa natural contra a contaminação das águas. Isso ocorre não somente por sua posição estratégica, mas também porque seu ambiente é geralmente mais favorável para a atenuação e eliminação dos contaminantes. Ocorre que essa atenuação pode ser bastante difícil de antecipar, pois, no caso de os contaminantes serem persistentes e móveis, a zona não saturada simplesmente causa um grande retardo de tempo de chegada

destas substâncias ao lençol freático, sem apresentar nenhum benefício relacionado à atenuação (PUERARI, 2005, p. 22-23). Quando o aquífero é livre, essa zona normalmente é constituída litologicamente pelo mesmo material do aquífero. Quando são aquíferos confinados ou semi-confinados, é formada pelo material rochoso que aflora em sub-superfície. Conforme o material predominante nesta zona é que é minimizado o potencial de poluição pelo tempo de contato com o contaminante, favorecendo a ocorrência de diversos processos, como: biodegradação, filtração mecânica, reações químicas, volatilização e dispersão (BARRETO, 2006, p. 40). O Quadro 10 expõe os tipos de materiais da zona vadosa que influenciam nos processos de atenuação do potencial de poluição dos contaminantes com seus respectivos intervalos de valores. Aller et al (1987) procedem com o mesmo critério relativo ao parâmetro Material do Aquífero (A), ou seja, o valor destacado dentro dos parênteses é o índice típico.

Impacto da zona vadosa	Índice de avaliação
Camada confinante	0
Argila/silte	2 – 6 (3)
Xisto argiloso, argilito	2 – 5 (3)
Calcário	2 – 7 (6)
Arenito	4 – 8 (6)
Arenito, calcário e argilito estratificado	4 – 8 (6)
Areia e cascalho com percentagem significativa de silte e argila	4 – 8 (6)
Rochas metamórficas e ígneas	2 – 8 (4)
Areia e cascalho	6 – 9 (8)
Basalto	2 – 10 (9)
Calcário calcificado	8 – 10 (10)

Quadro 10 – Tipos de materiais da zona vadosa e índices de avaliação DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

C – Condutividade Hidráulica: representa a capacidade do aquífero em transmitir água, a qual controla o fluxo de água subterrânea em parceria com o gradiente hidráulico. Esse parâmetro depende da quantidade e conectividade dos espaços vazios dentro do aquífero, que podem se apresentar de várias formas, como: poros, fraturas, cavidades ou planos estratificados (BARRETO, 2006, p. 41). Aller et al (1987) mostram no (Quadro 11) seis intervalos referentes à condutividade hidráulica do aquífero com seus respectivos valores de avaliação.

Condutividade hidráulica do aquífero (m/d)	Índice de avaliação
< 4,1	1
4,1 – 12,2	2
12,2 – 28,5	4
28,5 – 40,7	6
40,7 -81,5	8
>81,5	10

Quadro 11 – Intervalos de condutividade hidráulica e seus respectivos valores de atribuição DRASTIC
Fonte: ALLER et al, 1987

O índice DRASTIC oferece algumas limitações, como o elevado número de parâmetros quando não há disponibilidade de dados. Também falta parâmetro referente às atividades de uso e ocupação do solo, visto que o potencial de contaminação da água subterrânea poderá ser aumentado, dependendo do tipo de atividade e intensidade. No entanto, o índice DRASTIC constitui uma ferramenta importante para avaliar a vulnerabilidade da água subterrânea, em decorrência de fontes pontuais e difusas de contaminantes, tendo sido utilizado em várias regiões do mundo, como: região de Sharon (Israel); cidade de Cheongju (Coreia do Sul); aquífero Paluxy localizado na região norte-central do Texas (USA); área de planície em torno da cidade de Marrakech (Marrocos); aquífero livre localizado na parte oriental do distrito de Abu Dhabi (Emirados Árabes); microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto – SP (Brasil); área ao norte de Badia (Jordânia); município de Younggwang (Coreia do Sul); aquífero na área urbana de Londrina – Paraná (Brasil); aquífero de Kakamigahara, na região central do Japão e região ao norte da Província de Buenos Aires (BARRETO, 2006, p. 42; ver também SANTOS et al, 2004).

No Estado do Ceará a metodologia baseada no índice DRASTIC, foi utilizada por Leite e Möbus (1998) ao estimarem a vulnerabilidade natural dos aquíferos porosos das regiões norte da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, modificando alguns parâmetros em função dos conhecimentos de campo. Puerari (2005) utilizou o índice DRASTIC modificado (DRASTIC/PETRO) para calcular a vulnerabilidade de aquíferos a contaminação por derivados de petróleo, utilizando como áreas alvo a região do Porto do Pecém e área do Município de Fortaleza. Oliveira e Abreu (2006) elaboraram para o Município de Fortaleza, cartografia de vulnerabilidade geral de aquíferos à poluição utilizando o método DRASTIC. O resultado das análises para a determinação da existência de possíveis áreas contaminadas gerou como informação fundamental a delimitação das zonas mais sensíveis à contaminação, correlacionando-as com o Programa de Infra-Estrutura Básica de Saneamento de Fortaleza – SANEFOR, que se popularizou com a denominação de SANEAR. Barreto (2006)

desenvolveu uma pesquisa no Município de Tianguá, realizando na primeira etapa o estudo investigatório e quantitativo da contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato, pertencente ao Aquífero Serra Grande. Na segunda etapa utilizou os índices DRASTIC e DRASTIC pesticidas para avaliar a vulnerabilidade do aquífero. E na terceira etapa realizou análise multivariada das medidas de pesticidas e nitrato a partir da aplicação do método de classificação hierárquica de Ward e correlacionada com as classes de vulnerabilidade delineadas nos mapas DRASTIC e DRASTIC pesticidas.

3.2.4 Capacidade de suporte hidrológica

A recarga é de importância fundamental para a sustentabilidade ambiental e está diretamente ligada às reservas de água, e conseqüentemente a quantidade que se poderá explorar, estabelecendo a capacidade de suporte hidrológica.

Para se referir às reservas hídricas dos aquíferos é necessário conhecer seus compartimentos: as reservas reguladoras ou renováveis são aquelas armazenada no aquífero e renovada a cada período anual, correspondendo à recarga do aquífero e dependem das precipitações. As reservas permanentes ou seculares, são aquelas acumuladas no aquífero em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento. São reservas de exploração, a quantidade máxima de água que poderia ser explorada de um aquífero, sem causar impacto irreversível ao manancial. Esse impacto, sob o ponto de vista hidrológico, ocorre quando se excede a recarga média anual; do lado econômico, quando os níveis piezométricos descem abaixo da profundidade econômica de bombeamento; do ponto de vista legal, quando se afeta o direito de outros usuários ao se esgotar ou reduzir a descarga de poços pré-existentes; sob o ponto de vista agrícola, quando nos aquíferos freáticos rasos, o nível não descer a ponto de danificar a vegetação natural, paisagem ou plantios e sob o ponto de vista da qualidade, para que não se permita a entrada de águas de qualidade indesejável (GOLDER – PIVOT, 2006, p. 58).

Para a sustentabilidade ambiental do aquífero considera-se como reserva explorável aquela reserva reguladora ou renovável, no caso a quantidade de água correspondente à recarga anual do aquífero.

Em Fortaleza, um estudo realizado por Frischkorn et al (2002) relativo à recarga do lençol freático, constatou que apesar de necessário, o saneamento é em parte prejudicial no tocante à redução da recarga. Com a implantação do projeto SANEAR, que visa a instalação de esgoto para quase totalidade da área urbana (95%), a água que iria para o lençol irá ser

desviada diretamente para o mar. Conseqüentemente o lençol de Fortaleza poderá sofrer drásticas mudanças. Esta parcela deve sofrer uma redução correspondente a 6×10^7 m³/ano. A eliminação desta parcela resultará em um rebaixamento do lençol com conseqüências para o desempenho dos poços existentes; sustentação de construções; as propriedades mecânicas dos solos e a posição da interface água doce/ água salgada na orla marítima, com uma possível intrusão marinha.

4 ÁREA DE ESTUDO

O Município de Fortaleza foi criado em 1725, por conta do decreto da Carta Régia, tornando-se capital do Estado do Ceará. Possui uma população de 2.431.415 habitantes, conforme IBGE, pelo censo de 2007. É o Município de maior arrecadação do Estado do Ceará, suas principais atividades econômicas são a indústria (setor secundário) e os serviços (setor terciário), destacando-se com a contribuição de 73% do PIB municipal, nestes salientando-se os de infra-estrutura básica e o turismo. O setor primário é insignificante, não há espaço para atividade agropastoril, o que acontece é somente pequena produção de hortaliças, localizada na macrozona de transição, que não é suficiente para atender o mercado local (DNPM, 1998, p. 127; OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 18).

O Município de Fortaleza situa-se em zona litorânea da porção nordeste do Estado do Ceará, (Figura 7). A sede municipal de Fortaleza delimita-se pelas coordenadas geográficas de: 3°45'47" de latitude sul e 38°31'23" de longitude W.Gr., inserida regionalmente na folha SA.24-Z-C da SUDENE, com área total de 313 Km². Entre as cidades do Estado do Ceará possui a cota mais baixa de altitude, pois está localizada a 26 metros acima do nível do mar (MORAIS et al, 1984, p. 2; PUERARI, 2005, p. 138).

O seu pequeno desnível, em relação ao nível do mar, contribui para a preservação do manancial subterrâneo de água doce que aflui do subsolo. O clima é saudável, favorável a grandes concentrações humanas e definido como quente, caracteriza-se pelo seu clima como “macroclima da faixa costeira” do tipo AW’, segundo Köppen, e, por estar situado na faixa costeira, é influenciado pelas águas oceânicas. Fortaleza apresenta regime de chuvas tropicais com alternância de períodos secos ao longo do ano. Em geral o período chuvoso começa no verão, em janeiro, intensificando-se até meados de abril, tendo o mês de março como o mais representativo; intensifica-se no verão-outono, decrescendo gradativamente até julho e finalizando no outono-inverno por chuvas fracas e difusas, os meses de agosto a novembro são bastante escassos de chuvas. (MORAIS et al, 1984, p. 2; PUERARI, 2005, p. 138; TAJRA, 2001, p. 20; 21).

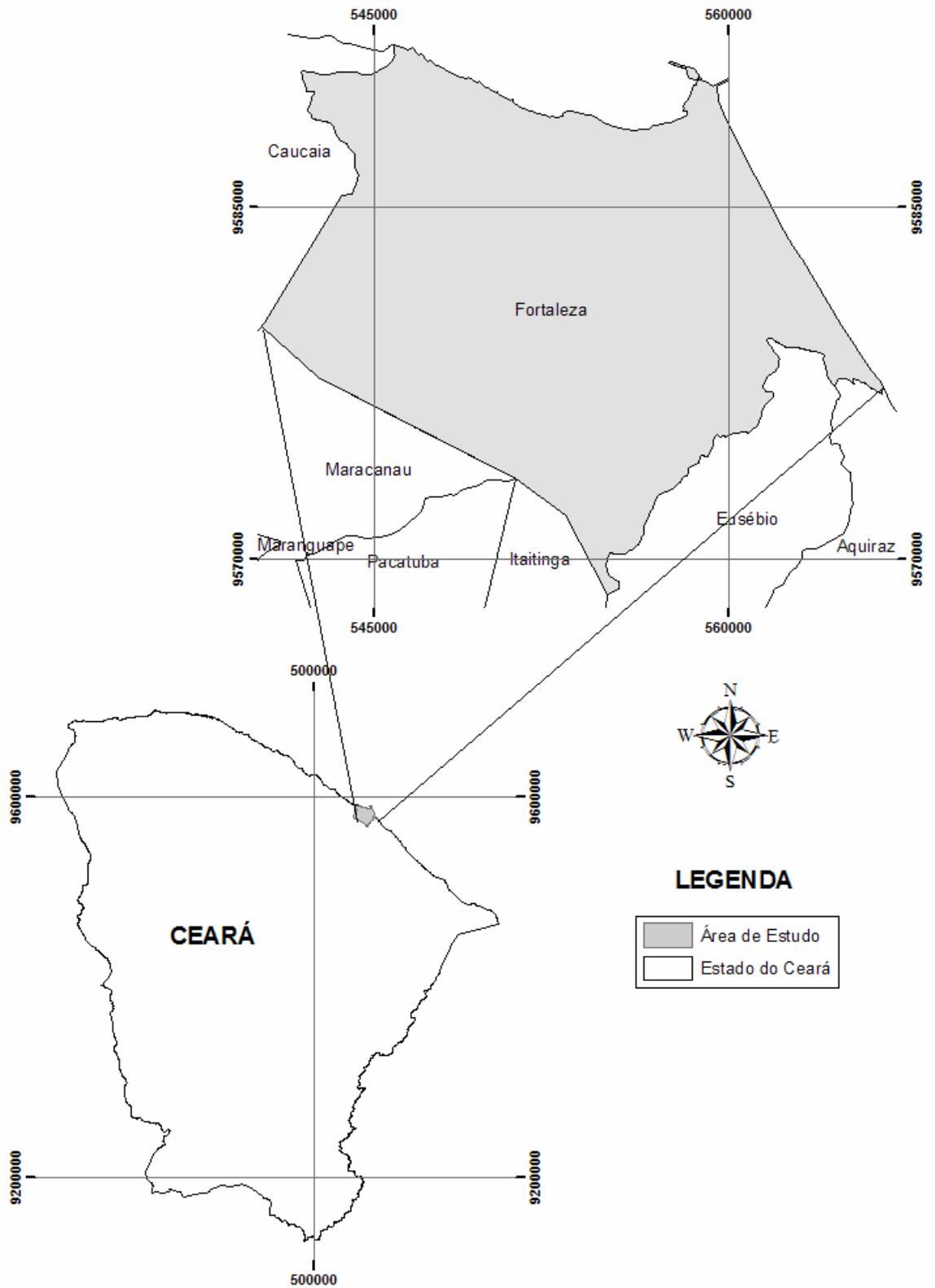


Figura 7 – Mapa de localização do Município de Fortaleza-CE.
 Fonte: Autora, 2008.

Registra-se temperatura oscilando entre 22°C e 31°C, com média de 27°C e amplitudes térmicas sempre inferiores a 5°C. A umidade relativa do ar é elevada, tendo como valor médio anual o valor de 76%, chegando a atingir 87% em março. A insolação anual total da área de Fortaleza atinge 2.686 h/dec, sendo que nos últimos quatro meses do ano a média eleva-se, tendo o mês de março um valor médio mensal mais ameno de 170 h/dec (PUERARI, 2005, p. 141; TAJRA, 2001, p. 21). A taxa de evaporação em Fortaleza é bastante elevada, com média de 2.695 mm. Normalmente outubro é o mês com o índice mais alto de evaporação, registrando média de 308 mm e o de mais baixo é abril com uma média de 154 mm (RIBEIRO et al, 1985, p. 4). Tajra (2001, p. 23-24) descreve que os tipos de solos originais de Fortaleza estão degradados substancialmente pela ação antrópica. Encontram-se na região os tipos de solo: podzólico; planossol solódico; salonetz salodizado; solonchak solonétzico; aluvial eutrófico; litólico eutrófico e areias quartzosas marinhas distróficas. A deficiência hídrica do Município de Fortaleza tem início no mês de julho, prolongando-se até janeiro, com índices situados entre 600 e 850 mm anuais. Entre agosto e dezembro verificam-se os maiores valores. Quanto aos recursos hídricos superficiais, Fortaleza está inserida na Bacia Metropolitana, que tem área de 15.085 Km², com capacidade de armazenamento de 1,12 bilhões de m³ e composta por 14 açudes (DNPM, 1998, p. 28; OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 15; PUERARI, 2005, p. 141). Fortaleza possui como principais cursos d'água o Cocó, Ceará, Pacoti, Maranguapinho e o Coassu. Os riachos Papicu e o Pajeú, são dois pequenos cursos d'água que cursam totalmente dentro da cidade de Fortaleza. O riacho Papicu tem sua cabeceira no sopé das Dunas da Praia do Futuro e deságua no mar no final da Avenida Beira Mar. Outro riacho que cursa dentro de Fortaleza é o Pirambu, o qual nasce no bairro Otávio Bonfim e deságua no mar na Avenida Leste Oeste à altura da Escola Aprendiz de Marinheiro (MORAIS et al, 1984, p. 21-23).

Quanto às lagoas, as principais são: Precabura, Sapiranga, Messejana, Parangaba e Mondubim. Precabura é a maior e é formada pela bacia hidrográfica do rio Coassu, tem seu sangradouro junto à lagoa de Messejana, na margem do rio Cocó. Serve de limites em toda a sua extensão entre os Municípios de Fortaleza (distrito de Messejana) e o de Aquiraz (MORAIS et al, 1984, p. 23-24).

Durante muito tempo, a população de Fortaleza utilizava seus recursos hídricos superficiais, como as águas dos rios, riachos, lagoas e açudes da cidade, para suprir suas necessidades básicas de higiene, alimentação e lazer. Sem abastecimento público, a água era usada sem nenhum tratamento e lançada diretamente nos mananciais. A partir de 1927, a

cidade passou a ser abastecida pelo açude Acarape, e, com o aumento do consumo, em 1981, o sistema foi acrescido do Complexo hídrico Pacoti/Riachão, anexado atualmente aos açudes Gavião e Pacajus. Com a iniciação do abastecimento d'água, o interesse pela situação dos mananciais diminuiu, deixando-os sob os impactos do grande crescimento urbano, com seus desdobramentos no uso e ocupação do solo, os quais se refletem no comprometimento dos recursos hídricos. A maior agressão provém da ocupação inadequada das margens dos mananciais, pela população menos abastecida, ou pelos agentes de especulação imobiliária nas áreas mais valorizadas, ou ainda, pelo poder público que, nelas, instalou equipamentos e edificações. Somando negativamente aos lançamentos dos despejos industriais e dos esgotos "in natura" nos espelhos d'água das lagoas e açudes ou nos leitos dos rios e riachos, como também a deposição de lixo às suas margens. Consequentemente originando o assoreamento, erosão e poluição do conjunto dos recursos hídricos, vale ressaltar que esses mananciais encontram-se inteiramente poluídos, impossibilitando seu uso doméstico ou mesmo agrícola (DNPM, 1998, p. 127; FORTALEZA, 1998, p. 111).

O Município de Fortaleza tem parte de sua formação geológica em um período mais recente, no Período Quaternário, o qual condiciona a existência de unidades geomorfológicas diversas (Figura 8). Destacam-se os depósitos de areias de praia, representados pelas dunas fixas, móveis e semifixas, os depósitos aluvionares flúvio-marinhos e as paleodunas; o Grupo Barreiras, pertencente a uma fase intermediária entre os Períodos Terciário e Quaternário e relevos residuais como unidades mais antigas dos Períodos Pré-Cambriano e Terciário. A planície litorânea delinea as faces norte e leste do Município, acompanhando a linha do litoral. As formações de dunas móveis, fixas e paleodunas consideradas do litoral para o interior, restingas e áreas alagadas ou inundáveis, deve-se ao dinamismo dessa unidade, por conta da ação dos ventos, ondas e marés. As dunas recentes e móveis aparecem mais ao longo da costa leste, a área de paleodunas distribui-se na zona intracosteira, principalmente na parte centro-norte do Município, com espessura de aproximadamente 15 metros, podendo se visualizar melhor próximo as desembocaduras dos rios Cocó e Pacoti, onde a ocupação urbana não é intensa. As dunas fixas, com dados visuais de 1985, podiam ser notadas com maior visibilidade na zona oeste, próximo à desembocadura do rio Ceará, o que atualmente é diferente devido a diminuição e mobilidade das dunas em geral. Os manguezais são encontrados nas planícies flúvio-marinhas, representadas pelos rios Ceará, Cocó e Pacoti, as planícies relativas ao rio Cocó e Ceará estão muito descaracterizadas pela ação antrópica, e é o que se observa também nas áreas relativas às lagoas de Parangaba, Mondubim, Messejana e

Precabura. O Grupo Barreiras se sobrepõe ao embasamento cristalino, apresentando uma constituição sedimentar areno-argilosa recente, do Período Quaternário. É uma superfície de inclinação suave em direção ao litoral, com um aumento na sua espessura, diminuindo ao sul do Município, tendo, portanto pouca expressividade. As formas erosivas como exemplo os serrotes do Cararu, próximo à foz o rio Pacoti e do Ancuri, encontram-se espalhadas ao longo dos limites sul, sudeste e sudoeste do Município, constituídas por rochas vulcânicas, correlacionadas com o vulcanismo similar ao da Ilha de Fernando de Noronha (FORTALEZA, 1998, p. 81-84).

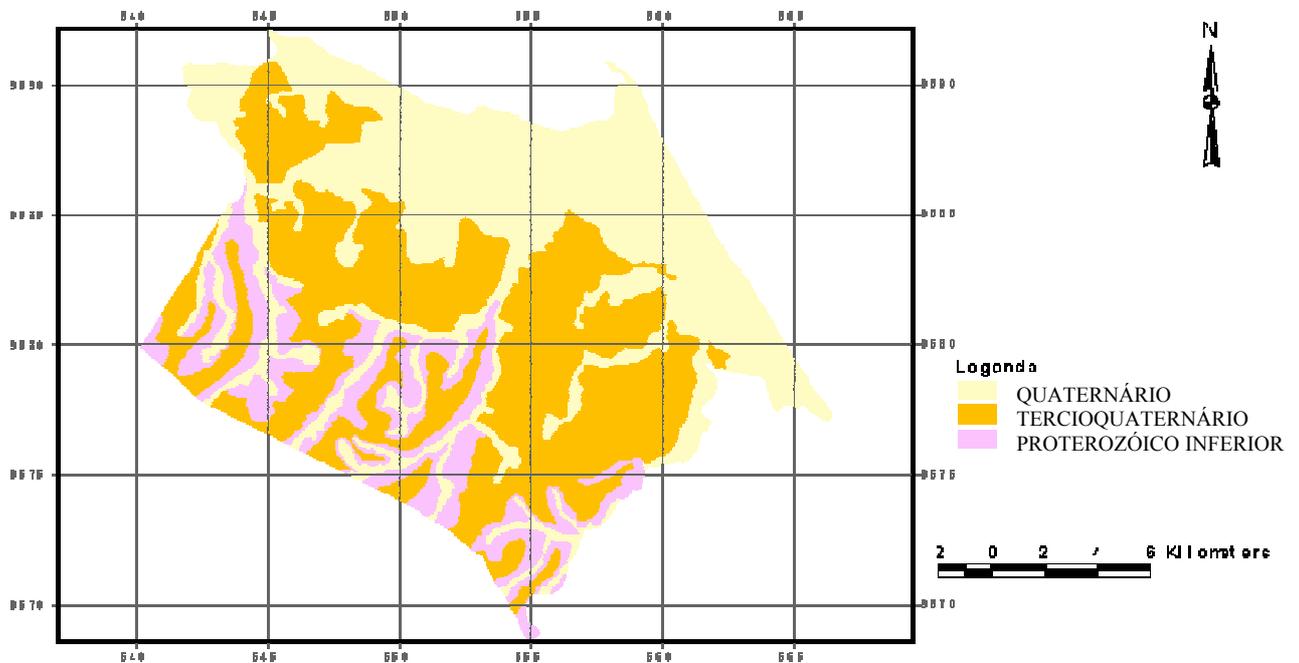


Figura 8 – Mapa geológico do Município de Fortaleza
 Fonte: PUERARI, 2005, p. 144

As condições de ocorrência e acumulação das águas subterrâneas dependem das características geológicas da área e especialmente dos aspectos litológicos dominantes, distinguindo-se assim dois grupos: os terrenos cristalinos que não constituem bons depósitos de água subterrânea, acumulando água somente nas fissuras e/ou fendas; e os terrenos sedimentares, que apresentam maior vocação hidrogeológica, com melhores resultados de exploração (Figura 9) (MORAIS et al, 1984, p. 53; RIBEIRO et al, 1985, p. 13).

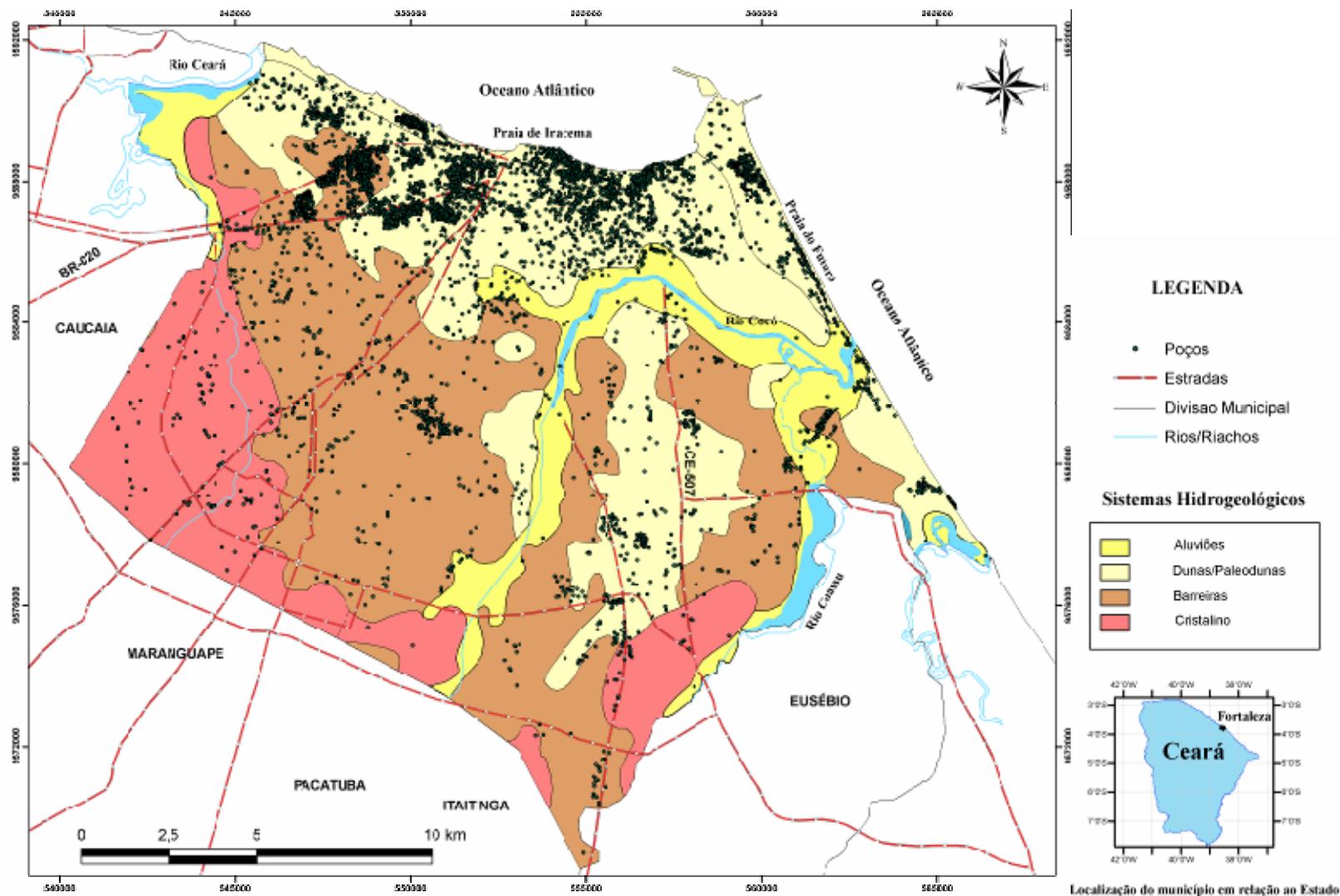


Figura 9 – Mapa hidrogeológico do Município de Fortaleza
 Fonte: GOMES, 2008

O sistema hidrológico Dunas/Paleodunas apresenta indiscutivelmente a maior potencialidade aquífera do Município de Fortaleza, e possui como característica básica uma função dupla, em que trabalha como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico para unidades sotopostas, a exemplo dos sistemas Barreiras e de aluvião. É abastecido exclusivamente pela precipitação pluviométrica e o armazenamento das águas captadas ocorre essencialmente nas zonas saturadas, então, embora a pluviometria média sobre a área aflorante seja considerável, parte dessa água sofre facilmente os efeitos da evapotranspiração já que o nível das águas subterrâneas é subaflorante, especialmente nas zonas de menor cota altimétrica. O nível estático regional é em média de 6 metros e a vazão média, obtida a partir de poços tubulares rasos, é de 6 m³/h, com espessuras saturadas oscilando de poucos a até 10 metros. As reservas calculadas para o aquífero regional dunas/paleodunas foi de 41,5 x 10⁶ m³/ano para a reserva renovável e de 177,3 x 10⁶ m³ para a reserva permanente. Os principais exutórios são a drenagem efluente dos rios Cocó, Pacoti e Ceará, lagoas interdunares, mar e a evapotranspiração. A qualidade da água é geralmente boa, mas, a potabilidade da mesma acha-se constantemente ameaçada pela contaminação de agentes infecciosos, devido a existência indevida de fossas negras e a outros fatores ligados a desordenada urbanização; além, de que em alguns locais apresentam nas análises físico-químicas elevadas concentrações de cloretos, como exemplo na bateria de poços de Abreulândia à sudeste da área. O aquífero se caracteriza como livre, aliado a boa porosidade, permeabilidade e transmissividade (DNPM, 1998, p. 42; RIBEIRO et al, 1985, p. 14-15; TAJRA, 2001, p. 40).

As aluviões constituem aquíferos livres, que ocorrem principalmente no leito dos rios, são geralmente porosos, permeáveis, de pequenas a médias espessuras e estão localizados ao longo dos rios de vales mais desenvolvidos como os rios Ceará, Cocó e Maranguapinho. Esses depósitos sofrem com a ação antrópica, chegando a ficar inviável seu uso como captação de água, resultando na pouca exploração pela população ribeirinha. Além disso, nas proximidades das embocaduras sofrem influência da penetração de água salgada das marés. Já no rio Maranguapinho, a influência da salinidade é bem menor devido ao seu gradiente topográfico auxiliado pela pequena espessura dos sedimentos permeáveis que ocorrem em seu baixo curso (RIBEIRO et al, 1985, p. 15-16; TAJRA, 2001, p. 40).

A Formação Barreiras possui porosidade e permeabilidade baixas. As maiores vazões foram encontradas nos bairros Conjunto Palmeiras, Pirambu e Álvaro Weyne, como também valores consideráveis foram encontrados nas proximidades da lagoa de Porangabussu e lagoa

Redonda. Esse aquífero é recarregado pelas águas pluviais, pelas aluviões em época de chuvas intensas e pela infiltração das dunas. Sua maior importância reside, no entanto, no fato de que essa unidade recobre grande parte do meio fraturado das rochas cristalinas ocorrentes na área, funcionando como áreas de recarga para as mesmas. Quanto à qualidade de suas águas, os padrões de potabilidade variam de boa a medíocre (RIBEIRO et al, 1985, p. 17-18; TAJRA, 2001, p. 38-39).

Admite-se o enquadramento do embasamento cristalino Pré-Cambriano como aquífero quando considerado que as condições hidrogeológicas como infiltração, armazenamento e circulação das águas nos aquíferos fissurais estão limitadas às zonas de fraturas, na medida em que estas estejam intrinsecamente relacionadas às aberturas e a interconexão com as áreas de recarga. Isso pode ser observado no quadrante sudoeste de Fortaleza, nas áreas de ocorrência das rochas cristalinas contíguas ao curso médio do rio Maranguapinho, e em parte do eixo sul-norte do rio Cocó. A unidade litológica caracteriza-se por ser um meio anisotrópico e heterogêneo, com infiltração comprovadamente fraca ocasionada pela baixa porosidade e com dificuldades de se dimensionar suas reservas. A qualidade química das águas apresenta-se em sua maioria com dureza e salinidade elevadas, embora sirvam de abastecimento de forma geral (MORAIS et al, 1984, p. 75-76; RIBEIRO et al, 1985, p. 18-19).

Fortaleza também possui unidades de conservação ambiental, são definidas pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, como sendo:

Espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, aos quais se aplicam garantias adequadas de proteção.

Essas unidades dividem-se em duas importantes áreas de proteção ambiental (APA), que são: área de proteção ambiental do estuário do rio Ceará e área de proteção ambiental do rio Pacoti, gerenciadas pela SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Dois parques ecológicos: parque ecológico do rio Cocó, o qual é protegido pelo Decreto nº 20.253/89, e parque ecológico da lagoa de Maraponga, também protegido por Decreto Estadual, de nº 21.349/91. Além do Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio e Reserva Ecológica Particular Lagoa da Sapiranga, a qual se localiza no bairro Lagoa Redonda (DNPM, 1998, p. 129; OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 17).

Quanto à mineração no Município de Fortaleza, envolve a produção de diversas substâncias, entre elas, água mineral, areia fina e areia grossa, argila e saibro. A Região Metropolitana de Fortaleza capta industrialmente a água subterrânea tanto para uso tradicional como para a produção de água mineral potável de mesa. A água mineral ocupa a segunda posição em importância na pauta de produção mineral da região, tendo correspondido em 1995 a 37,5% do valor do seu produto mineral. Diversos conflitos entre a mineração e a urbanização ocorrem no Município de Fortaleza, como: na margem esquerda do rio Cocó, no trecho entre a Cidade 2000 e a Praia do Futuro, uma área de interesse ambiental somado a urbanização, impediu a extração de areia vermelha dos sedimentos da Formação Barreiras; a expansão da malha urbana em direção ao sul praticamente inviabilizou a extração de saibros; outra zona de interesse ambiental é a região de Sabiaguaba, por isso a extração de areia vermelha está praticamente inviabilizada nessa área; já as lagoas fornecem a possibilidade de extração do diatomito, mas, como essas estão protegidas pela lei (nº 10.147, de 1º de dezembro de 1977) que disciplina o uso do solo em função da preservação dos recursos hídricos, não existe atividade de exploração para esse bem mineral (DNPM, 1998, p. 22; 28; 128).

5 METODOLOGIA

Como instrumento de trabalho foi utilizado o método científico (LEITE BARBOSA, 2001, p. 136).

Bringhenti define o que é a metodologia:

A metodologia é a explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda ação desenvolvida no método do trabalho de pesquisa. É a explicação do tipo de pesquisa, do instrumental utilizado (questionário, entrevista etc), do tempo previsto, da equipe de pesquisadores e da divisão do trabalho, das formas de tabulação e tratamento dos dados, enfim, de tudo aquilo que se utilizou no trabalho de pesquisa. (BRINGHENTI, 2005, p. 26).

A metodologia utilizada foi fundamentalmente a pesquisa bibliográfica, levando em consideração as seguintes fases: a) determinação dos objetivos; b) elaboração do plano de trabalho; c) identificação das fontes; d) localização das fontes e obtenção do material; e) leitura do material; f) tomada de apontamentos; g) confecção de fichas; h) redação do trabalho (GIL, 1996, p. 63)

5.1 Caracterização da atividade de água envasada em Fortaleza

5.1.1 Levantamento de dados

A análise foi feita com base em dados do Laboratório Central de Saúde Pública – LACEN/CE (Foto 5), referentes aos parâmetros microbiológicos relativos a coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococos*.



Foto 5 – Momento anterior às análises microbiológicas no LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Foi feito o acompanhamento de análises no próprio laboratório, observando os passos seguintes: a coleta de amostras para análises de águas minerais foi feita diretamente a partir dos recipientes originais lacrados, ou seja, diretamente dos garrafões de 20 litros, como se pode ver na Foto 6.



Foto 6 – Coleta de amostra para análise de coliformes totais e *Escherichia coli*, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Coleta-se amostra representativa da água, ou seja, é feita a coleta referente a cinco garrafões de 20 litros, todos da mesma marca, do mesmo lote e data de validade. Primeiro são registrados os dados inscritos no rótulo, como marca, fonte e data de envasamento, por exemplo. Depois, o bocal do garrafão é desinfetado com álcool a 70%; a água é homogeneizada invertendo o garrafão por várias vezes; o lacre é aberto utilizando faca ou tesoura desinfetada; despreza-se um volume inicial e coleta a amostra em frasco bacteriológico estéril. Todo o procedimento é efetuado em ambiente asséptico (câmara de fluxo laminar ou próximo a um bico de Bunsen), conforme Fotos 7 e 8.



Foto 7 – Câmara de fluxo laminar, LACEN/CE
Fonte: Autora, 15 out 2007



Foto 8 – Bico de Bunsen, LACEN/CE
Fonte: Autora, 15 out 2007

De acordo com a legislação da Vigilância Sanitária, para a microbiologia a legislação específica é a RDC 274 de 22 de setembro de 2005 e a Portaria 518, para AAS, e no caso de águas minerais é regida pela RDC 275 de 22 de setembro de 2005. Vale ressaltar que a legislação só exige para as águas adicionadas de sais, a análise quanto à presença de coliformes termotolerantes. O LACEN/CE utiliza-se de duas técnicas de análises, baseadas na legislação citada. Para análises de água mineral e AAS, com o objetivo de identificar coliformes totais e *Escherichia coli*, faz o teste com substrato cromogênico e fluorogênico. Esse método consiste em adicionar o conteúdo de um envelope de substrato a uma amostra de 100 mL de água, contida em frasco estéril transparente, fechar o recipiente e homogeneizar bem para a completa dissolução como mostra a Foto 9.



Foto 9 – Adição do substrato a 100 mL de água, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Incubar a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, conforme Foto 10. Após as 24 horas de incubação, o procedimento escolhido é o de presença-ausência (PA) de coliformes totais ou *Escherichia coli* por 100 mL.



Foto 10 – Estufa a 35°C , LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

O teste de substrato cromogênico e fluorogênico, utiliza um substrato hidrolisável como um substrato definido para apenas os microrganismos que se quer modificar. É considerada uma tecnologia de auto-análise, porque produz uma variação de cor originada pelo microrganismo pesquisado, sem necessidade de testes de confirmação (SANCHEZ, 2001, p. 43).

Após 24 horas de incubação, a leitura é realizada, considerando como positivo para coliformes totais o aparecimento de uma coloração amarela nos frascos de vidro, como se observa na Foto 11. Essa coloração pode ser comparada a um comparador de cor, disponibilizado no mercado pelo fabricante do substrato. Caso esteja sua cor maior ou igual à do comparador, será positivo o resultado. Mas, se não se desenvolver a coloração amarelada, indica resultado negativo para esse grupo de bactérias, exemplo da Foto 12. Se a coloração for questionável após o período de incubação, pode-se tornar a incubar por mais quatro horas a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$, então, se for positivo ela irá se intensificar, caso contrário será negativo (SANCHEZ, 2001, p. 44).



Foto 11 - Resultado positivo para análise de coliformes totais, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007



Foto 12 – Resultado negativo para análise de coliformes totais, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Para se saber se há presença de *Escherichia coli*, depois de fazer a leitura dos coliformes totais, pega-se o mesmo frasco com a amostra lida e o expõe à luz ultravioleta (366 nm, 6W), a uma distância de 6 a 8 cm em ambiente escuro, dentro dessa caixa preta que se visualiza na Foto 13. O que se percebe é que quando a *E. coli* está presente, uma fluorescência azul brilhante é observada. Essa etapa não foi possível fotografar. Se essa fluorescência gerar dúvidas, volta-se a incubar por mais quatro horas a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Se a intensificação da fluorescência for notada, o resultado será positivo. Como o resultado é visual e sem contagem, utiliza-se apenas a expressão: ausência ou presença de coliformes totais e/ou *E. coli* para 100 ml.



Foto 13 – Análise para presença de *Escherichia coli*, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Para a determinação de *Pseudomonas aeruginosa* utiliza-se a técnica da membrana filtrante com porosidade de 0,45 μm , como mostra a Foto 14. As bactérias a serem detectadas, por apresentarem dimensões maiores, ficarão retidas na superfície da membrana, a qual será, então, transferida para meio de cultura nutritivo, seletivo e diferencial meio Agar-mPA-B ou Agar-mPA-C. As placas são incubadas a $41,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ durante 72 horas. O meio de cultura incorporado com quatro antibióticos, incubado a $41,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$, inibe o crescimento da maioria das bactérias heterotróficas, exceto a *Pseudomonas aeruginosa* (SANCHEZ, 2001, p. 64; 65).



Foto 14 – Técnica da membrana filtrante, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

As etapas do procedimento de filtração podem ser visualizadas nas Fotos 15 e 16, e são as seguintes: primeiro limpa a área externa do garrafão com álcool etílico a 70%, e flamba

rapidamente; homogeniza a amostra por agitação manual, inclinando o frasco com o ângulo de aproximadamente 45° entre o braço e o antebraço, agitando, repetindo a operação por no mínimo 25 vezes; remover a tampa do garrafão com o cuidado de assepsia e distribuir os volumes requeridos da amostra diretamente nos porta-filtros graduados e efetuar a filtração (Foto 15). A parte superior do porta-filtro é acoplado a parte inferior, liga-se a bomba de vácuo para proceder a filtração; após a filtração o porta-filtro é enxaguado duas vezes, com porções de aproximadamente 20-30 ml de água de diluição tamponada estéril, para evitar a retenção de alguma bactéria nas paredes internas; desliga a fonte de vácuo ao finalizar a operação e separa a parte superior do porta-filtro.



Foto 15 – Filtração, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Com uma pinça, cujas extremidades foram flambadas e resfriadas, retira-se com cuidado a membrana. A membrana é colocada cuidadosamente, observando que toda a área da membrana deve ficar completamente aderida ao meio, efetuando um movimento giratório, para permitir uma boa adesão. Coloca-se a membrana com a superfície quadriculada voltada para cima, no meio de cultura mPA-B ou mPA-C contido na placa de Petri devidamente identificada com o número da amostra e o volume filtrado (Foto 16). Após o período de incubação e com um auxílio de um microscópio estereoscópio com iluminação fluorescente, efetua-se a contagem das colônias típicas de coloração marrom-escuro ou preto esverdeado, com núcleo central e bordas mais claras espalhadas, para se obter a densidade de *Pseudomonas aeruginosa* presente na amostra (SANCHEZ, 2001, p. 65).



Foto 16 – Membrana filtrante colocada no meio de cultura, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Como se pode visualizar na Foto 17, para a determinação de *Enterococos* utiliza-se também a técnica da membrana filtrante, transferindo-a para a superfície do meio m-E ágar, sendo efetuada a incubação a $41,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Após incubação desenvolvem-se colônias com características típicas (cor rosa a vermelha). A membrana depois de incubada é transferida para o meio seletivo ágar EIA”, sendo mantida a $41,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 20 minutos. Por fim faz a contagem e anotação do número de colônias de coloração rosa e vermelha escura, com precipitado preto ou marrom avermelhado, para se obter a densidade (SANCHEZ, 2001, p. 57).



Foto 17 – Meio de cultura para determinação de *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococos*, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Os meios de cultura de determinação de *Enterococos* e *Pseudomonas aeruginosa* utilizam-se da mesma incubadora, a exemplo da Foto 18.



Foto 18 – Incubadora para meio de cultura por membrana filtrante, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

Um microscópico estereoscópico com iluminação fluorescente é utilizado, para efetuar a contagem de colônias típicas. No meio de cultura mPA-B ou mPA-C, essas colônias mostram-se com um núcleo central marrom-escuro ou preto-esverdeado, com as bordas claras e espalhadas com diâmetro de aproximadamente 0,8 a 2,2 mm. Os limites aceitáveis de colônias situam-se entre 20 e 80 colônias. Quando forem filtrados vários volumes, selecionar para leitura apenas aqueles considerados dentro dos limites aceitáveis de contagem; se no caso a contagem em todos os volumes filtrados for inferior a 20 colônias, não considerar o limite mínimo e efetuar a leitura em todas. Se ao contrário todos os volumes fornecerem contagens superiores a 80, mas for possível fazer a contagem dessas colônias no menor desses volumes, deve-se fazer. Mas se houver um crescimento confluyente, estimando-se visualmente que há mais de 200 colônias (típicas e atípicas) e que houve um crescimento em toda a membrana, não é possível efetuar a contagem (SANCHEZ, 2001, p. 67-68). A presença ou ausência de colônias é identificada de imediato como se observa nas Fotos 19 e 20.

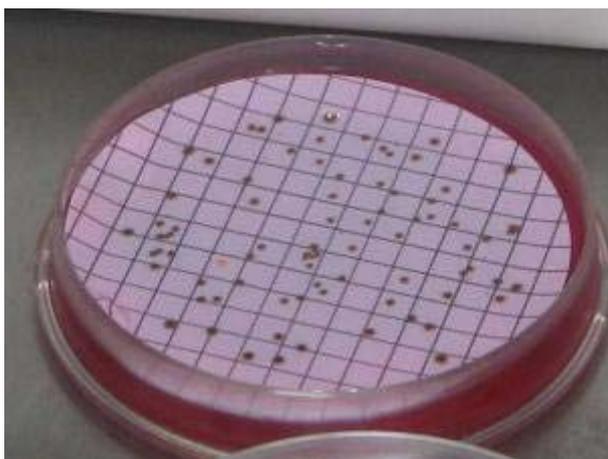


Foto 19 – Presença de colônias na membrana filtrante, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

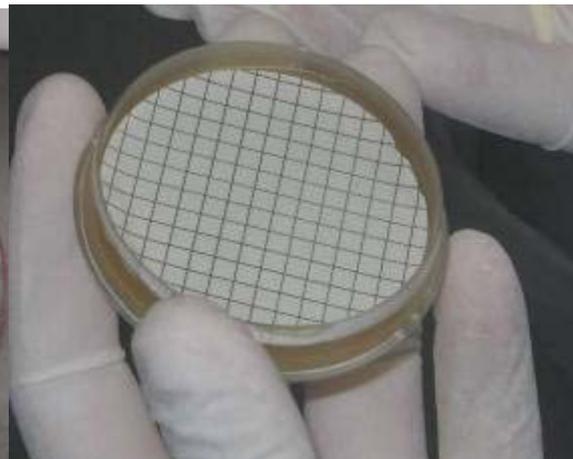


Foto 20 – Ausência de colônias na membrana filtrante, LACEN/CE
Fonte: Autora, 2007

5.1.2 Avaliação de dados

De acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada n° 275/05 (ANVISA), anexo referente ao Regulamento Técnico de Características Microbiológicas para água mineral natural e água natural, é que é feita a análise dos resultados microbiológicos da amostra representativa da água (Tabela 3).

Tabela 3 - Características microbiológicas para água mineral natural e água natural

Microrganismo	Amostra indicativa		Amostra representativa		
	limites	n	c	m	M
Escherichia coli ou Coliforme (fecais) Termotolerantes, em 100 ml	ausência	5	0		ausência
Coliformes totais, em 100 ml	<1,0 UFC*; <1,1 NMP** ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP
Enterococos, em 100 ml	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP
Pseudomonas Aeruginosa, em 100 ml	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP
Clostrídios sulfito redutores ou Clostridium perfringens, em 100 ml	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP

Fonte: Resolução de Diretoria Colegiada – RDC n° 275, de 22 de setembro de 2005

* Unidade Formadora de Colônias;

** Número Mais Provável;

n = número de unidades da amostra representativa a serem coletadas e analisadas individualmente;

c = número aceitável de unidades da amostra representativa que pode apresentar resultado entre os valores “m” e “M”;

m = é o limite inferior (mínimo) aceitável. É o valor que separa qualidade satisfatória de qualidade marginal do produto. Valores abaixo do limite “m” são desejáveis;

M = é o limite superior (máximo) aceitável. Valores acima de “M” não são aceitos

De acordo com a RDC nº 275/05, na caracterização microbiológica do produto ou da partida⁷ examinada devem ser considerados os resultados da amostra representativa. Essa partida é aprovada quando atender aos requisitos de: demonstrar ausência de *Escherichia coli* ou coliformes (fecais) termotolerantes em todas as unidades da amostra representativa; quando nenhuma unidade da amostra apresentar contagem de coliformes totais, *Enterococos*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostrídios sulfito redutores* ou *Clostridium perfringens* maior que “M” e, quando no máximo uma unidade da amostra apresentar contagem de coliformes totais, *Enterococos*, *Pseudomonas aeruginosas* e *Clostrídios sulfito redutores* e/ou *Clostridium perfringens* entre os valores “m” e “M”. E será rejeitada caso: for comprovada a presença de *Escherichia coli* ou coliformes (fecais) termotolerantes em uma das unidades da amostra representativa; ou apresentar contagem de coliformes totais e/ou *Enterococos* e/ou *Pseudomonas aeruginosa* e/ou *Clostrídios sulfito redutores* e/ou *Clostridium perfringens* em uma das unidades da amostra, maior que “M”, ou apresentar contagem de coliformes totais e/ou *Enterococos* e/ou *Pseudomonas aeruginosa* e/ou *Clostrídios sulfito redutores* e/ou *Clostridium perfringens* em mais de uma unidade da amostra maior que “m”.

5.2 Sustentabilidade financeira

Partiu-se do pressuposto que a sustentabilidade financeira de um processo é obtida quando o empreendimento (seja privado ou público) consegue arrecadar o equivalente a soma de seus custos de investimento e de OAM (operação, administração e manutenção). Por essa razão o método utilizado consistiu, fundamentalmente, na avaliação completa e atualizada dos custos totais de produção de água envasada, ou seja, o custo total de investimento (que é igual ao custo de investimento da disponibilização da água, mais custo de investimento do parque industrial de envase, mais custo de investimento com transporte), e ainda o custo de operação, administração e manutenção da disponibilização da água e da atividade de envase.

⁷ lote referente a amostra representativa que está sendo analisada.

O método utilizado foi a pesquisa bibliográfica e a pesquisa de campo. Foram consultados artigos, entrevistas, livros, instruções normativas da SEFAZ, sites de Internet e pessoas qualificadas; realizadas visitas à Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC/SINDBEBIDAS do Ceará, SEBRAE - CE, Secretaria da Fazenda – SEFAZ (CE), empresas detentoras de fontes de água envasada, parque industrial de envase e quatro distribuidoras. Outra relevante fonte de informação foram os congressos (particularmente o 16º Congresso Brasileiro da Indústria de Águas Minerais EXPO ABINAM ‘ 2007, realizado em setembro de 2007, em Fortaleza), seminários e palestras (Foto 21).

Devido às dificuldades para obtenção dos dados financeiros das empresas (por serem informações internas), optou-se pela adoção de uma indústria de referência, hipotética, com base em informações do SEBRAE (PIRES, 2000) e da Mineradora de Água Límpida Ltda, situada em Aquiraz (CE), que abriu suas informações. As fontes de dados quantitativos além da mineradora foram dois trabalhos: Araújo et al (2005) e Pires (2000).



Foto 21 – Visita a Mineradora Límpida (Aquiraz-CE)
Fonte: Autora, 2007

5.2.1 Levantamento de dados

O trabalho de Araújo et al (2005) destina-se a avaliar os custos de investimentos e de OAM necessários para disponibilizar e distribuir a água no Estado do Ceará por meio de diversas fontes, entre elas a da água subterrânea. Pires (2000) analisa um empreendimento, para a produção de água mineral, não considerando as linhas de envase para embalagens descartáveis (350 ml, 500ml, 1500ml e 2000ml), apenas vasilhames de 20 litros, estimando o

seu custo (investimento, orçamento de receitas, distribuição etc.), para uma empresa com área construída de 800 m², conforme Figura 10.

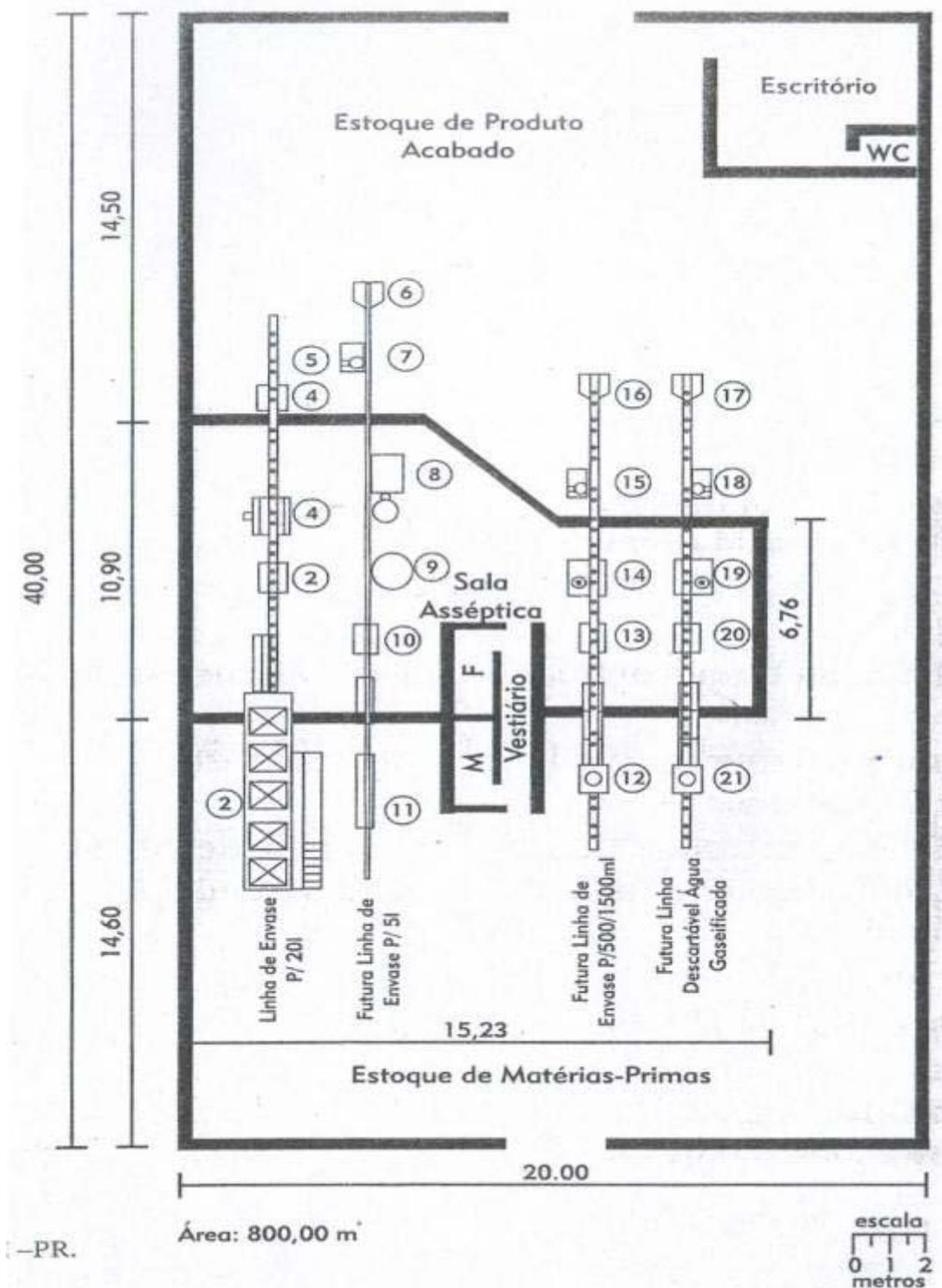


Figura 10 – Esquema de layout básico de um parque industrial de envase
 Fonte: PIRES, 2000, p. 35

A empresa de referência de Pires (2000) assemelha-se em muito à Mineradora de Água Límpida Ltda, que se pode observar nas fotos do seu parque industrial (Foto 22).



Foto 22 - Mineradora de Água Límpida Ltda (Aquiraz-CE)
Fonte: Autora, 2007

Existem dois tipos de fontes: a fonte de surgência (natural), aquela que provém das pedras (cachoeira, cascata), a qual se pode visualizar sua casa de captação nas Fotos 23 e 24. E a fonte de poço profundo que é o caso da Mineradora Límpida, localizada no Município de Aquiraz (Ce), aquífero poroso dos sedimentos da Formação Barreiras, com vazão de 5.000 L/h. No Ceará, das 15 marcas de águas minerais existentes, apenas três são de fonte natural. A casa de captação deverá ser adequada para cada tipo de fonte.



Foto 23 – Casa de captação de fonte de surgência - Ceará
Fonte: DNPM, 2007



Foto 24 – Casa de captação de fonte de surgência - Ceará
Fonte: DNPM, 2007

Cada casa de captação de água é uma fonte. No poço deverá ter um filtro de respiro de ar, eliminando impurezas que possam estar incorporadas no ar, no momento em que a água é succionada (Foto 25). Conjuntamente com o equipamento de ozônio, como se vê na Foto 26,

o qual ozoniza o ar da casa de captação, há uma maior segurança para não contaminação do poço através de bactérias.



Foto 25 – Cabeça de poço – Parte interna da casa de captação – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007



Foto 26 – Ozônio – Parte interna da casa de captação – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

O poço deverá ser lavado periodicamente, sempre que a análise microbiológica revelar necessidade. Primeiro é desligada toda a parte elétrica, depois com a ajuda de andaimes no

teto da casa de captação é realizada a desmontagem de conexões e retirada a tampa do poço. A tubulação é higienizada e é feita a manutenção preventiva na bomba como também sua higienização. Recoloca-se a bomba, e inicia-se o processo de higienização do poço que pode ser de diversas maneiras (ozônio, Cloro, Ácido Peracético, etc) quem determina é o químico, geralmente utiliza-se hipoclorito de sódio. Então se coloca o volume da solução desinfetante de acordo com a profundidade e diâmetro do poço, deixando-o em repouso por cerca de 30 minutos. Depois desse tempo, em poços que possuem retrolavagem (Foto 25), liga-se a bomba e deixa a água que está saindo retornar para dentro do poço, pegando as paredes da tubulação principal por cerca de quinze minutos, e deixa outros quinze novamente em repouso, repete-se por quatro vezes. Depois desse processo, inicia-se a descarga da água com cloro, deixando o poço jogar água para fora até que as verificações com ortodolidina indiquem que não existe mais resíduo de cloro (pode demorar até um dia). Não havendo mais resíduo de cloro, fecha-se todo o sistema, com cuidado para que o tamponamento seja adequado, a casa de captação limpa e fechada (PORCEL, 2008).

A casa de captação deverá ser cercada para não ter contaminação por animais e a porta telada para evitar entrada de insetos, conforme se observa na Foto 27.



Foto 27 - Casa de captação – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

Os tanques reservatórios são construídos no formato cilíndrico vertical em aço inox e acabamento interno sanitário, normalmente são dois tanques, os dois são de água mineral, mas um é usado só para lavagem dos vasilhames e o segundo para envase (Foto 28). A diferença é que o tanque usado para envase possui o filtro de respiro de ar microbiológico. O filtro de respiro de ar é essencial para a qualidade da água, porque filtra qualquer resíduo de odor e fumaça.

Os tanques são lavados com uma bomba de pressão acoplada (sistema CIP), que faz com que os produtos de limpeza (bactericida e germicida) circulem por todo o tanque. Esse sistema se refere a limpeza interna de uma peça ou equipamento sem relocação ou desmontagem. Há a circulação sequencial de água, detergentes e desinfetantes (geralmente cloro) através das tubagens e do equipamento de processamento seguindo as etapas: pré-lavagem com água fria para eliminação da sujidade mais grosseira, circulação de detergente para eliminação de sujidade residual, enxaguamento com água fria para arrastar o detergente, circulação do desinfetante para destruição de microrganismos residuais e lavagem com água fria. A pressão da bomba do sistema CIP, geralmente é calculada de acordo com a vazão e a pressão que se deseja, conforme o tamanho e altura do reservatório (PORCEL, 2008).



Foto 28 - Reservatórios de água mineral – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

Toda a tubulação deverá ser de aço inox, de forma aérea para evitar contatos e contaminação com animais, como se pode observar nas Fotos 28 e 29.



Foto 29 - Tubulação aérea em inox – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

Para evitar roedores na área do parque industrial, o ideal é ter um programa de controle, realizado através de iscas monitoradas por visitas periódicas de pessoas especializadas e confecção de mapas e planilhas. A mineradora Límpida utiliza iscas com veneno a base de frutas e, mensalmente é realizada a vistoria e troca das mesmas.

Após o registro da fonte, não se poderá fazer nada que possa comprometer ou contaminar em uma área de 50 hectares, até mesmo um poço na propriedade vizinha, é uma área de proteção ambiental, pois, com o registro da fonte, aquela área passa a ser uma reserva mineral.



Foto 30 – Sala de produtos químicos – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

Seus produtos químicos são armazenados em sala individualizada com os cuidados necessários conforme Foto 30.

O programa de coleta seletiva, conforme a Foto 31, também é implantado. As plantas não são adubadas, apenas com a própria folhagem.



Foto 31 – Estação de coleta seletiva – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

No seu parque industrial de envase há uma estação de tratamento da água conforme se observa na Foto 32, responsável pela premiação recebida através da FIEC, “Prêmio Produção Mais Limpa”. Em que toda a água da lavagem dos vasilhames escorre por uma caneleta, passa por duas peneiras, para retirada de papel, tampinha e outros resíduos. Depois é neutralizada, e então reutilizada na jardinagem. Se houver necessidade de colocar produto para neutralizar será adicionado, para que a água não retorne ao solo com produtos químicos.



Foto 32 – Estação de tratamento da água da lavagem dos vasilhames – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

A Mineradora de Água Límpida possui também um laboratório de análises da água, conforme Foto 33, no qual são realizadas todas as análises microbiológicas na fonte. Em média são dez análises diárias, perfazendo 26 dias úteis de análises.



Foto 33 - Laboratório microbiológico – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

Considerando que seja uma pequena empresa com fluxograma simples da produção, a tarefa inicial é a de conduzir os vasilhames de 20 litros manualmente para a máquina lavadora. A lavagem interna dos vasilhames deverá ser efetuada por maquinário automático, no qual na sua maioria existente atualmente no mercado, possuem quatro estágios: 1) lavagem com desengordurante (detergente); 2) sanitizante (cloro, ácido peracético, etc); 3) enxágüe (pode ser com água recirculada); 4) enxágüe final com a própria água mineral e não pode ser água recirculada, o penúltimo jato de enxágüe deverá ser feito com solução de cloro. Para complementar a lavagem é feita a higienização na câmara germicida⁸. Enquanto a água mineral está sendo bombeada da fonte natural para o reservatório industrial, passando por uma filtragem. Da estocagem a água vai para o conjunto de envasamento, onde é envasada através da máquina enchedora. Então, os garraões serão fechados e rotulados, seguindo para a câmara termo-contrátil para o encolhimento do lacre, assegurando sua qualidade. Por último é realizada a inspeção final para a liberação do produto ao mercado (PIRES, 2000, p. 35; PORCEL, 2008).

Pode-se acrescentar alguns detalhes a essas operações descritas de acordo com a visita a Mineradora Límpida. Observou-se que antes de começar o envase, é realizada uma

⁸ Câmara germicida é geralmente um local pequeno onde se instala lâmpadas germicidas de ultravioleta para que os vasilhames sejam expostos.

desinfecção diária, todas as máquinas e chão são literalmente lavados com o jateador de espuma, normalmente com detergente alcalino clorado, que limpa e desinfeta ao mesmo tempo (Foto 34).



Foto 34 – Lavagem da sala de envase – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007



Foto 35 – Sala de finalização do processo de envase – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

Antes de conduzir os vasilhames para a lavagem o setor de recepção seleciona-os, examinando e cheirando, o ato de cheirar é para detectar se há traços de usos diferentes dos vasilhames, caso exista, o mesmo não será utilizado. Após a seleção o rótulo é retirado. São

lavados e escovados com detergente clorado, externa e internamente (Foto 36) com produto bactericida e germicida nas lavadoras apropriadas. Os que estão encrustados internamente são lavados na máquina visualizada na Foto 37. Por último são lavados internamente com água mineral e ozônio.



Foto 36 – Lavadora interna automática (MAQ 200) – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007



Foto 37 – Lavadora interna para vasilhames de 20 litros – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

A água proveniente da casa de captação é descartada antes de começar a atividade de envase, que é realizada pela enchedora rotativa automática, como se vê na Foto 38.



Foto 38 - Enchedora rotativa automática (MAQ 250) – Mineradora Límpida
Fonte: Autora, 2007

O fluxograma da produção é mostrado na Figura 11.

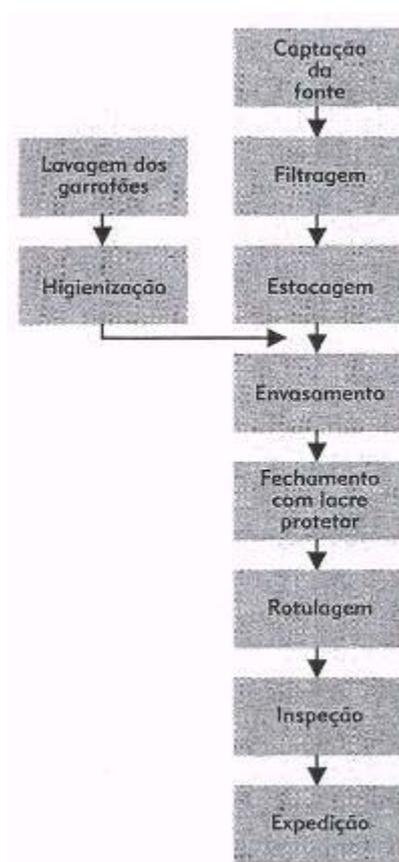


Figura 11 – Fluxograma simples da produção de água envasada
Fonte: PIRES, 2000, p. 35

A empresa hipotética analisada por Pires (2000) comporta quinze funcionários para atender ao fluxograma de produção, com a seguinte disposição: a) mão-de-obra (dez pessoas): a.1) na alimentadora (duas); a.2) na enchedora (duas); a.3) na rotuladora (duas); a.4) na carga/descarga (quatro); b) mão-de-obra administrativa (quatro pessoas): b.1) auxiliar de escritório (duas); b.2) secretária (uma); b.3) vigia (uma); c) mão-de-obra indireta (uma pessoa): c.1) gerente de produção (uma).

A Figura 12 mostra um diagrama com todos os custos utilizados para análise da sustentabilidade financeira.

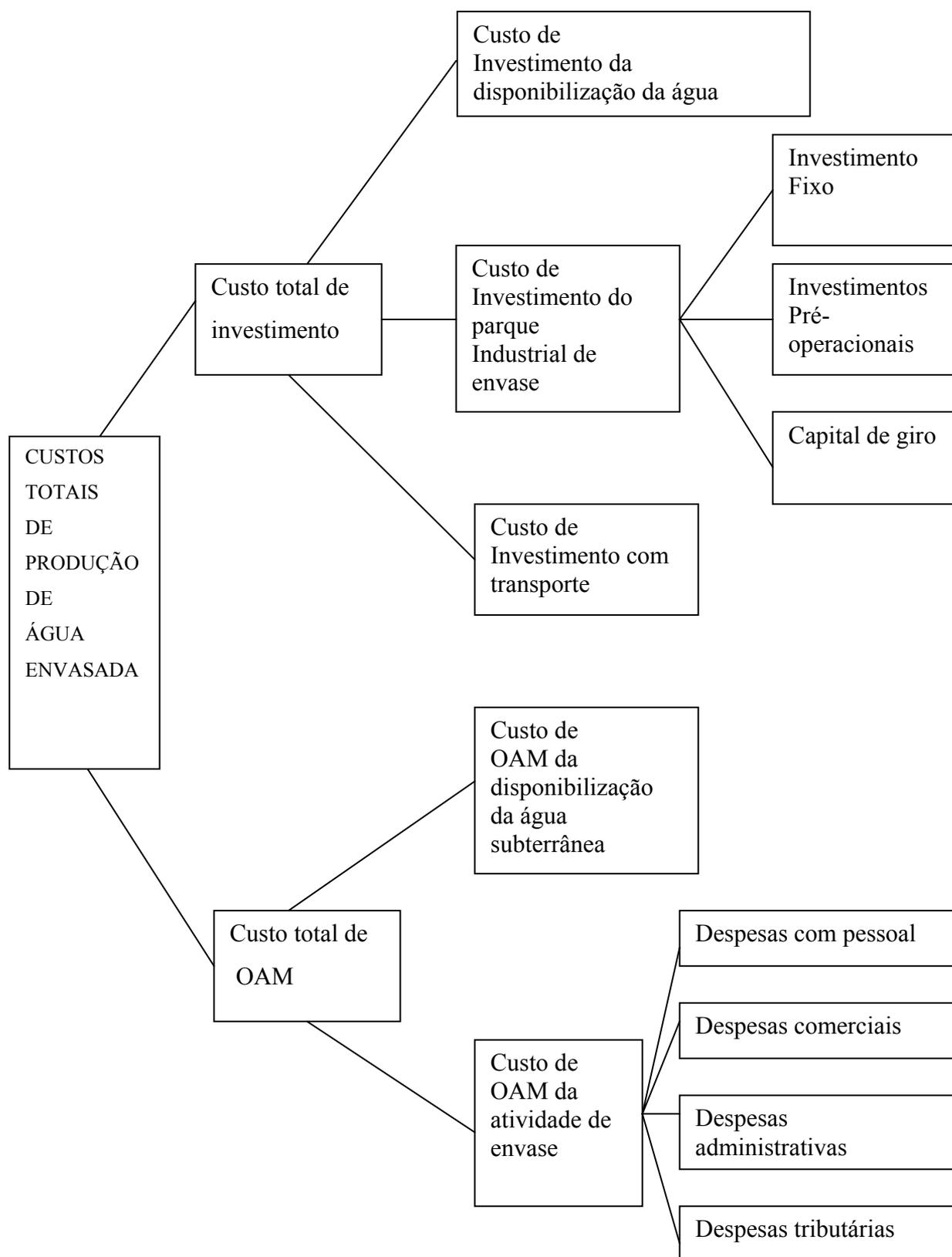


Figura 12 - Diagrama com todos os custos para análise da sustentabilidade financeira
 Fonte: Autora, 2008

5.2.2 Avaliação de custos

Reportando-se ao trabalho de Araújo et al (2005, p.284), a avaliação da disponibilidade de água no Estado do Ceará, aborda os custos médios dos processos de engenharia, no atual nível tecnológico.

Barbosa (2000) analisou 13.000 poços no Ceará para cálculo dos custos de disponibilização da água subterrânea tanto no domínio cristalino quanto no domínio sedimentar. De acordo com informações dos bancos de dados consultados, Barbosa estima vazão efetivamente explorada a partir dos dados de vazão potencial, admitindo bombeamento de 12 horas por dia somente nos poços atualmente em operação. Para cada região hidrográfica foram escolhidos dois poços, um no cristalino e outro no sedimento, cujos custos foram avaliados. Setenta e sete por cento de 190 hm³/ano, valor estimado de vazão total explorada no Ceará, é proveniente de poços no sedimento.

Para avaliar os custos de disponibilização, são levados em consideração tanto os custos de investimento quanto os de OAM⁹, utilizando preços de mercado de peças e serviços (BARBOSA, 2000).

Os custos obtidos nos trabalhos acima serão atualizados pelo IGP10 – Índice Geral de Preços¹⁰, obtido pelo site do FGVdados e anualizados por meio de um dos fatores de análise econômica – FRC¹¹, em função de uma taxa de juros (i) sobre o investimento e determinado período de tempo (n)¹².

Os custos de investimento do parque industrial de envase foram calculados dividindo seus componentes em três grupos relativos ao tempo de vida útil, para melhor se adequar ao período de depreciação e cálculo do FRC. Utilizando uma tabela de períodos de depreciação aceita pelo FISCO, que está reproduzida na Tabela 4, calculam-se os Fatores de Recuperação de Capital para cada grupo e depois a anuidade.

⁹ Os custos de OAM para a extração da água incluem despesas com energia, gerências de bacias, administração e manutenção (admitida como 5% dos custos de investimento correspondentes).

¹⁰ Exemplo de cálculo: Custo (nov 06) = [Índice IGP (nov06)/Índice IGP (ago01)] x Custo (ago01)

¹¹ FRC (Fator de Recuperação de Capital) – “pressupõe a reserva de uma quantidade suficiente de dinheiro em cada ano para possibilitar a reposição do bem em n anos mais os encargos dos juros sobre o capital investido. O uso desse fator é comum em Engenharia Econômica e constitui uma estratégia econômica conservadora”. (DA SILVA; PRUSKI, 2005, p. 489)

¹² Equação para cálculo do FRC = $[(1+i)^n \times i] / [(1+i)^n - 1]$ (DA SILVA; PRUSKI, 2005, p. 488)

Tabela 4 – Períodos de depreciação dos componentes do parque industrial de envase utilizados no cálculo dos Fatores de Recuperação de Capital

Item depreciado	Vida Útil
Máquinas e equipamentos	10 anos
Móveis e utensílios	10 anos
Prédios e galpões	20 anos
Veículos	5 anos
Computadores	2 anos
Instalações	5 anos

Fonte: Adaptado de (DA SILVA; OLIVEIRA FILHO, 2000, p.14)

Profissionais do SEBRAE/MG (2005) mostram que os custos de investimento¹³ inicial, isto é, “gastos de investimento inicial são aqueles despendidos para a estruturação da empresa, até que ela inicie a operacionalização” (DE MATOS et al, 2005, p. 15) podem ser estimados como:

- a) Investimento fixo – todos os bens duráveis (máquinas, equipamentos, linhas de telefone, móveis e utensílios, luvas para aquisição do ponto, licenças para franquias, ferramentas, instalações, veículos etc) com seus respectivos custos de aquisição;
- b) Investimentos pré-operacionais – b.1) gastos com projetos arquitetônicos de decoração, iluminação, viabilidade financeira, pesquisa de mercado etc; b.2) despesas com organização da empresa (taxa de registros, livros fiscais, contratos, formulários); b.3) pagamento de aluguéis (isso antes da empresa funcionar);
- c) Capital de giro¹⁴ – recursos para financiar operações como (compras, vendas a prazo, giro de estoques, pagamentos de salários, impostos e demais custos e despesas) (SEBRAE/MG, 2005, p. 44).

Para que a empresa tenha grandes chances de destaque quanto aos concorrentes, deverá arcar com outro tipo de investimento inicial, que é a informatização. Poderá escolher um projeto abrangente que atenda toda a empresa, desde o gerenciamento de conteúdo para *websites*, até os controles administrativos (financeiro, estoque, caixa, cadastro de clientes,

¹³ “Investimentos são valores aplicados na aquisição de bens utilizados nas atividades empresariais por vários períodos. Exemplos: equipamentos, veículos etc.” (CAVALCANTE, 2003, p. 4)

¹⁴ “O capital de giro é um dos aspectos mais importantes da Administração Financeira, tendo em vista que, se não for bem gerido, poderá tornar a empresa insolvente, devedora e levá-la a pedir concordata ou ter sua falência decretada.” (SEBRAE/MG, 2005, p. 44)

etc.), passando pela automação inclusive: caixas eletrônicas, impressoras para preenchimento automático de cheques, código de barras nos produtos etc (SEBRAE/ES, 2007, p. 2).

Serão considerados como custos de OAM, isto é, custos necessários para que a empresa possa funcionar e ter uma adequada avaliação e gestão do negócio, os termos custos¹⁵ (variáveis) e despesas¹⁶ (fixas e comerciais) utilizados em finanças. Exemplos: matérias-primas, materiais de acabamento, componentes, embalagens, mão-de-obra, impostos.

O custo de investimento de disponibilização da água subterrânea será calculado admitindo-se que a fonte esteja localizada na cidade de Fortaleza, (litoral Leste do Estado – aquífero Barreira), logo um aquífero sedimentar.

Os custos de investimento conforme Pires (2000, p. 36), avaliados neste trabalho são:

a) investimento fixo: a.1) Terreno (considerar um terreno adquirido)/Valor do Sítio (inclui a fonte ou poço); a.2) Construções de escritório e área industrial; a.3) Máquinas e equipamentos: a.3.1) uma máquina lavadora, semi-automática, para garrações de 20 litros e capacidade de 1.000 unid/hora; a.3.2) uma câmara germicida com lâmpadas ultravioletas; a.3.3) uma máquina envasadora automática com sistema de funcionamento por gravidade, pneumática, com capacidade de 1.000 unid/hora; a.3.4) uma máquina operculadora¹⁷ com capacidade de 1.000 unid/hora; a.3.5) uma máquina termocontrátil para encolhimento do lacre; a.3.6) um transportador de vasilhames de uma pista, em aço inox, motorizada; a.3.7) uma bomba centrífuga trifásica, com vazão de 20.000 litros/hora, e motor adequado, incluindo tubulação até o reservatório; a.4) Móveis e utensílios; a.5) Transportes de equipamentos e montagem; a.6) Eventuais;

b) capital de giro

Somando o investimento fixo com o capital de giro, obtém-se o custo de investimento total (valor presente) para o parque industrial de envase.

Para o cálculo do custo de investimento de transporte, estima-se a necessidade de quatro caminhões, o valor total dos veículos irá compor o valor presente (capital inicial) do custo de investimento de transporte.

¹⁵ “Custos correspondem aos valores gastos com a fabricação dos produtos”. (CAVALCANTE, 2003, p. 4).

¹⁶ “Despesas são valores gastos com a comercialização e administração das atividades empresariais. Normalmente, são gastos mensais”. (CAVALCANTE, 2003, p. 4).

¹⁷ Máquina operculadora é o tampador, equipamento destinado a posicionar a tampa e providenciar o fechamento sob pressão dos garrações ou outros vasilhames (PORCEL, 2008).

Para se avaliar o custo de OAM da atividade de envase, conforme pesquisa efetuada a Soma Contabilidade, Mineradora Límpida, Wilca Hempel, Frutuoso Júnior, Eliezer e Aníball Galeno (SEFAZ), Aurélia (SINDBEBIDAS) e bibliografia referente a Souza (2006), Rodrigues (2006), Da Silva e Oliveira Filho (2000). Há quatro tipos de despesas, que são:

a) despesas com pessoal: a.1) salários; a.2) férias mais adicional de férias (1/3); a.3) décimo terceiro salário; a.4) FGTS; a.5) INSS; a.6) vale transporte; a.7) vale refeição; a.8) salário família; a.9) pró-labore; a.10) treinamento;

b) despesas comerciais: b.1) publicidade; b.2) material de expediente; b.3) vasilhames; b.4) rótulos; b.5) tampa plástica; b.6) lacre; b.7) frete;

c) despesas administrativas: c.1) despesas bancárias; c.2) honorários profissionais; c.3) aluguel; c.4) comunicação; c.5) energia elétrica; c.6) manutenção de prédios e instalações; c.7) manutenção de máquinas; c.8) manutenção de veículos; c.9) combustível; c.10) gás; c.11) correios; c.12) associação comercial e sindicatos; c.13) taxa de expediente; c.14) material de limpeza;

d) despesas tributárias: d.1) ICMS; d.2) PIS; d.3) CFEM; d.4) tarifa por uso da água (COGERH); d.5) CSLL; d.6) IRPJ; d.7) COFINS; d.8) CPMF.

A água mineral é um bem mineral, sujeitando-se, portanto à legislação referente às águas do Código de Mineração. A mineração, também está sujeita a impostos, taxas, encargos e assemelhados, em âmbitos federal, estadual e municipal, assim como toda atividade industrial do país. Logo, as despesas tributárias descritas no item d estão em conformidade com a Tabela 5 ilustrada pelo DNPM.

Tabela 5 - Principais tributos e encargos de incidência geral e mineração

Competência	Tributo/Encargo	Base de cálculo
Federal	IRPJ	Lucro Líquido Tributável
Federal	Encargos sociais	-
Federal	CSLL	Lucro Líquido
Federal	PIS	Receita Operacional Bruta
Federal	COFINS	Faturamento
Federal	FGTS e INSS	Folha de Pagamento
Estadual	ICMS	Venda do produto
Federal	CFEM*	Faturamento Líquido

Fonte: Modificado de (RODRIGUES, 2006)

* Encargo específico da empresa de mineração

Existem atualmente duas pautas em vigor para arrecadação do ICMS, a Instrução Normativa N° 16/2006, em que estabelece procedimento relativo ao recolhimento do ICMS referente às operações com água mineral envasada em embalagem de 20 litros. E a Instrução Normativa N° 09/2007, em que divulga os valores dos produtos que indica, para efeito de cobrança do ICMS por Substituição Tributária. A primeira existe um termo de acordo com a SEFAZ, mas, de 26 empresas acordadas, onze foram retiradas por descumprimento. A segunda não tem termo de acordo, mas tem direito à crédito.

5.3 Sustentabilidade ambiental

Para análise da vulnerabilidade do aquífero do Município de Fortaleza foi aplicado o índice DRASTIC, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG/GIS.

Numa primeira fase realizou-se o levantamento dos principais trabalhos científicos de Hidrogeologia e Geologia relacionados à vulnerabilidade natural de aquíferos. Após analisá-los, em uma segunda fase foram realizados levantamentos de campo, visitas a entidades governamentais e privadas, responsáveis pela análise e tratamento estatístico de dados e elaboração dos documentos definitivos. Foram visitadas entidades como: FUNCEME, CPRM, DNPM, SRH, SOHIDRA, COGERH, SEMAM, SEINF, IPECE e EMBRAPA, além de entrevistas e discussões com professores do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará em busca de um alicerce nessa área. Também na busca de uma vivência, foi realizada uma visita à perfuração de um poço (Foto 39).

O poço visitado localiza-se no estacionamento da Reitoria da UFC, o método de perfuração utilizado foi o rotativo. Seu perfil litológico divide-se: até os 2-6m tem-se clásticos arenosos das Dunas/Paleodunas; de 6 a 40m, observa-se uma variação de clásticos silto-argilo-siltosos da Formação Barreiras; após esta profundidade se encontra o embasamento cristalino, representado pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico.



Foto 39 – Visita a perfuração de um poço – Reitoria – UFC (Fortaleza-CE)
Fonte: Autora, 2008

Na elaboração dos sete mapas referentes a cada parâmetro dos índices DRASTIC, foram utilizadas informações extraídas dos bancos de dados das entidades visitadas e dos trabalhos científicos estudados. Os programas AutoCad (2000); ArcView GIS (versão 3.2) e o Surfer (versão 8.0) foram utilizados para a integralização dos dados medidos e levantados e a compilação cartográfica dos mesmos.

O ArcView é um programa de fundamental importância e auxilia na elaboração dos mapas de vulnerabilidade. O SIG/GIS permite realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados, além de possibilitar a automação de produção de documentos cartográficos (CÂMARA et al, 1999). Faz parte de um conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e visualização de dados espaciais do mundo real para um objetivo específico. Uma característica dos dados tratados pelo SIG é a dualidade das informações: um dado geográfico possui uma localização geográfica (expressa como coordenadas em um mapa) e atributos

descritivos (que podem ser representados num banco de dados convencional) (PUERARI, 2005, p. 116 - 117).

5.3.1 Levantamento dos parâmetros DRASTIC distribuídos na área de estudo

D – Profundidade do nível estático

O mapa de profundidade do lençol freático foi gerado a partir da escolha de dois bancos de dados. Optou-se pela união do banco de dados fornecido pela CPRM, o qual alimenta o SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, que objetiva atualizar e unificar essas listagens e um banco de dados gerado pela coleta de fichas de características gerais do poço e perfis técnicos, fornecidas pela SOHIDRA, os quais geraram a Figura 13.

No total de 106 fichas, apenas 32 constavam das coordenadas dos poços, entrada de dado necessária para o mapeamento. Com essas duas fontes, os valores obtidos nas profundidades do nível estático e suas respectivas coordenadas foram transformados em planilhas digitais na forma de tabela, uma com 1961 poços (CPRM) e outra com 32 (SOHIDRA), no total foram levantados registros de 1993 poços. Usou-se um padrão sistemático de escolha, que foi uma tolerância de 500 metros, tanto para os valores de x como para os valores de y da tabela, usando mapeamento de 1:50.000.

A interpolação dos dados da planilha foi realizada pelo método de krigagem (*Kriging*), que é uma interpolação, convertendo os dados em gride através do software Surfer. Esse gride, gerado pela intersecção dessa malha, originou um arquivo, com 91 isolinhas por 100 colunas e 9100 nós (pontos de intersecção). A interpolação considera todos os pontos ao seu redor, construindo superfícies contínuas. A partir desse resultado, foram gerados e selecionados polígonos no programa AutoCad (2000) e importados para o ArcView GIS (versão 3.2), originando o mapa de profundidade do lençol freático.

Observa-se na Figura 13 a grande quantidade de poços, além de muito próximos, o que faz com que seja muito comum a proximidade do poço com fossas, até mesmo em função do espaço físico, sem considerar a distância mínima de 30 metros, recomendada pela ABNT; à medida que não são aplicados os critérios técnicos, o poço passa a ser um risco potencial de cargas poluentes (CAVALCANTE, 1998, p.108).

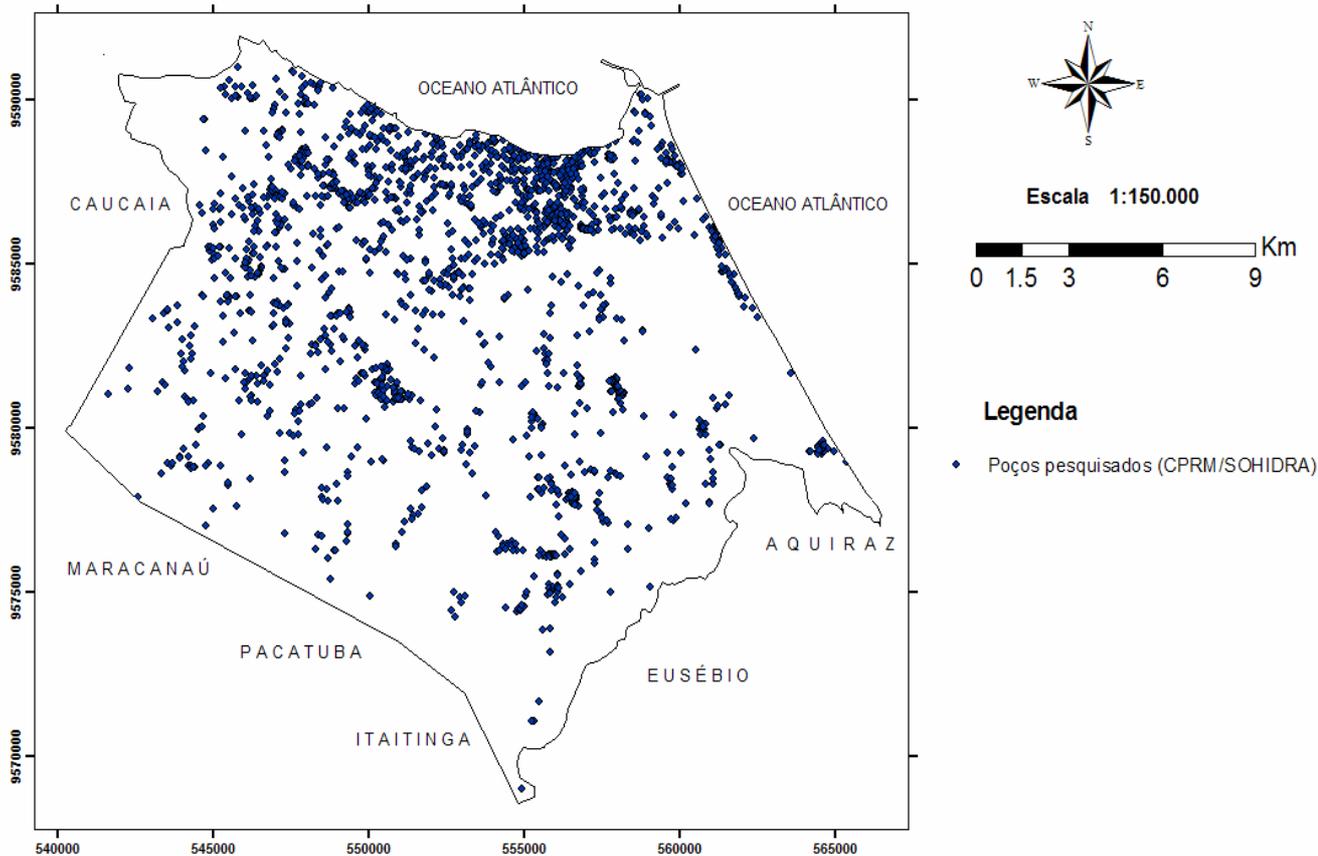


Figura 13 – Mapa de pontos dos poços pesquisados do Município de Fortaleza
 Fonte: CPRM e SOHIDRA, mapa elaborado pela autora, 2008

R – Recarga do aquífero

Foram adquiridos dados pluviométricos históricos da FUNCEME referentes aos últimos 20 anos (1988 a 2007), nos diferentes postos pluviométricos (Pici, Castelão, Água Fria, Cocó, Funceme e Messejana) no Município de Fortaleza, como mostram a Figura 14 e Tabela 6. Observou-se que Oliveira e Abreu (2006) estimaram a recarga para o Município de Fortaleza, calculando o balanço hídrico baseado em dados pluviométricos de 2005, relativo aos cinco postos. Fundamentado nesses autores, analisou-se a recarga dos referidos postos, com exceção da estação meteorológica do Cocó por não constar dados referentes ao ano de 2005, comparando o percentual de recarga (mm) obtido pelo valor do intervalo de chuva do mapa de parâmetro R, gerado por Oliveira e Abreu (2006), com a quantidade de chuva daquele ano (mm).

Tabela 6 - Séries Históricas dos postos pluviométricos da FUNCEME no Município de Fortaleza

Anos	Séries Históricas						
	Posto Pici mm/ano	Posto Castelão mm/ano	Posto Fund. Ma. Nilva (Água Fria) mm/ano	Posto Parque Ecológico do Cocó mm/ano	Posto Funceme mm/ano	Posto Messejana mm/ano	
1988	685,4	836			1862,1	1893,2	
1989	729,9	1014,8			1862,5	1372,4	
1990	969,8	829,7			978,1	719,9	
1991	1495,3	1241			1548,7	923	
1992	1125,5	997,2			1088,8	892,3	
1993	841,5	667			1042,7		
1994	2414,6	2102,8			2379,6		
1995	2039,7	1978,6		47,1	2143,5		
1996	1660,5	1613,6		1802,9	1708,2	515,7	
1997	678,1	1005,4		1074,5	1143,3	790,2	
1998	954,2	956,3	66,6	543,7	1012,4	961,2	
1999	1031,2	1271,3	1113,7	1282,7	1346,6	1317,2	
2000	1776,5	1897,5	1492,3	1431,4	1673,2	1922	
2001	1076,5	131,4	1543,2		1554,5	1648,8	
2002	1620		1792	612,1	1742	1642,5	
2003	2170,6	1585,9	2013,1		2208,4	1455	
2004	1694,2	1872,8	2023,7		1991,1	1576	
2005	1095	1129,4	851,8		1132,4	878,7	
2006	1423	1712,5	1489,6		1319,7	955,6	
2007	1335,3	177,7	1385,2		1392,4		
ult20anos	1340,84	1211,626	1377,12	970,6286	1556,51	1216,481	média

Fonte: Modificado de (FUNCEME, 2008)

Obs.: campos em branco significam a não existência de dados

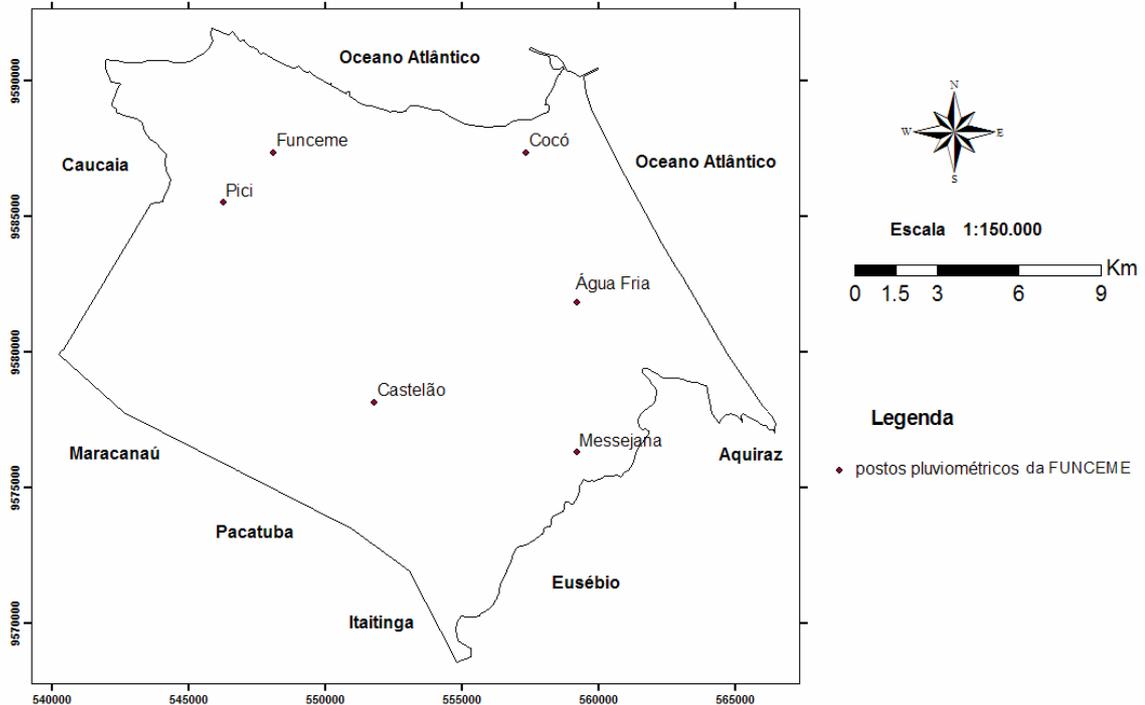


Figura 14 – Mapa de posts pluviométricos do Município de Fortaleza, usados no âmbito desta pesquisa, para estimar a recarga em função das precipitações
 Fonte: FUNCEME, mapa elaborado pela autora, 2008

O mapa de recarga do aquífero foi gerado a partir da criação de um gride, no software Surfer, no qual foram estipulados os intervalos gerando os polígonos e exportados para o AutoCad, novamente exportados para o ArcView GIS, sendo então tratados e classificados para o mapeamento.

A – Material do aquífero

Para base de dados levou-se em consideração o mapa litológico do Município de Fortaleza (MORAIS et al, 1984, p. 38), com algumas modificações, visto que a geologia do Município é composta basicamente pelas unidades sedimentares dunas/paleodunas, Formação Barreiras e unidades metamórficas do embasamento cristalino.

Foi gerado um mapa geológico simplificado para melhor visualizar as unidades litoestratigráficas, servindo de base para gerar o mapa de caracterização do material do aquífero, diretamente no ArcView GIS, sem utilizar o software Surfer.

S – Tipo de solo

Apesar de ter sido adquirido o mapa da tipologia dos solos do Município de Fortaleza através da SEINF, optou-se como base de dados para o mapeamento do índice DRASTIC, o mapa simplificado de solos do Município de Fortaleza gerado por Puerari (2005), o qual foi importado para o ArcView GIS (versão 3.2). As subdivisões das classes de solos, referentes a areias, planossolo solódico e latossolo vermelho-amarelo, foram ignoradas por apresentarem características semelhantes quando do enquadramento ao método DRASTIC (PUERARI, 2005, p. 143;145).

T – Topografia

Os levantamentos topográficos referentes à área de estudo, contaram com o arquivo em meio digital, no software AutoCad, com a equidistância das curvas de níveis de 5 metros, fornecidos pela SEINF. Dados estes importados para o Surfer (versão 8.0) e exportados para o ArcView GIS (versão 3.2), para que fosse construído o mapa de declividade.

I – Impacto da zona vadosa

O material da zona vadosa de Fortaleza foi definido baseado no levantamento realizado por Oliveira e Abreu (2006), no qual foi realizada uma triagem de 200 furos de sondagens a percussão do tipo SPT (*Standard Penetration Test*). Foram utilizados perfis individuais de sondagem, que forneceram informações do material que compõem a litologia da zona vadosa obtidos com a amostragem e a profundidade em que o nível estático se encontra. Os perfis de sondagens mostram a resistência à penetração o limite da sondagem e o nível d'água. A partir da localização de pontos de sondagens, foram produzidos mapas da zona vadosa em diferentes profundidades, levando em consideração apenas o material acima do nível de água para cada amostragem pontual, como mostra Anexo C. No caso de existir dois ou mais tipos litológicos em um ponto de amostragem, prevaleceu um valor intermediário entre os tipos da litologia da zona não-saturada. Assim foi produzido o mapeamento, utilizando-se do ArcView GIS (versão 3.2) e as unidades foram codificadas de acordo com o sistema de avaliação do índice DRASTIC.

C – Condutividade Hidráulica

A princípio foi feito um levantamento nas fichas de características gerais do poço e perfis técnicos, fornecidas pela SOHIDRA, mas verificou-se que os dados de rebaixamento e o tempo dos ensaios de bombeamento dos referidos poços estavam quase na sua totalidade incompletos.

Oliveira e Abreu (2006, p. 61) estimaram a condutividade hidráulica para o Município de Fortaleza a partir de teste de bombeamento de aquífero em poços tubulares profundos distribuídos em toda a área de pesquisa e separados na forma de unidade litológica. Cada unidade litológica corresponde a uma faixa de condutividade hidráulica, assumindo que não há variação de condutividade hidráulica em um dado litotipo. Fundamentado nessas informações calculou-se a média da condutividade hidráulica para dunas, sedimento e cristalino. Obteve-se do banco de dados de Oliveira e Abreu (2006, p. 101) uma amostra de duas medidas de condutividade hidráulica para dunas, seis para sedimento e duas para cristalino (Anexo D), calculou-se a média para cada, resultando em três intervalos, que corresponderam a dois índices de avaliação do DRASTIC.

5.3.2 Avaliação da vulnerabilidade do aquífero

Os índices de vulnerabilidade DRASTIC foram calculados de acordo com a expressão (1), capítulo 3. O mapa de vulnerabilidade referente ao Município de Fortaleza foi obtido a partir da sobreposição dos sete mapas de cada parâmetro, considerado nos índices DRASTIC, a partir das ferramentas do software ArcView GIS 3.2. A sobreposição foi feita de dois em dois mapas, primeiro DR, em seguida o AT, depois IC, continuando com a sobreposição do DR com o AT (DRAT), depois o DRAT com o IC (DRATIC) e por último a sobreposição do DRATIC com o S, resultando no mapa de sobreposição dos parâmetros do índice DRASTIC.

As classes de vulnerabilidade para a área de estudo foram definidas de acordo com os intervalos de valores de vulnerabilidade do índice DRASTIC sugeridos por Aller et al (1987), no Quadro 4, capítulo 3.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Caracterização da atividade de água envasada em Fortaleza

Com consumo anual de 6,2 bilhões de litros em 2006, o equivalente a 3,48% da produção mundial, o Brasil deverá dobrar o consumo per capita de 33 litros/ano, para 66 litros/ano por habitante, nos próximos dez anos. A atividade de produção de água mineral cresce cerca de 8% ao ano, em média. A perspectiva é que o consumo aproxime-se a 11 bilhões de litros no Brasil e a 229 bilhões no mundo em 2010. O Estado do Ceará é uma referência nacional, por ser o berço de um dos principais produtores de água mineral do país (DIÁRIO DO NORDESTE, 2007).

A atividade de produção no ramo de bebidas que mais cresce é a da água envasada, em uma razão estimada de 20% ao ano. O usuário preocupado com a saúde procura melhor qualidade de água, valorizando a água mineral por suas propriedades naturais (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 151; 152).

Conforme o GTAE, no Ceará existem 15 marcas de águas minerais e 23 adicionadas de sais. Em Fortaleza existem apenas duas marcas de águas minerais: Indaiá e Naturágua e 11 AAS. O que ocorre é um número significativo de marcas clandestinas de água mineral, e cuja maioria das supostas “empresas” funciona em endereços residenciais e sítios em situação totalmente irregular. Por não estarem registradas nos órgãos competentes e, não portarem as devidas licenças de fabricação dos produtos, essas empresas não estão submetidas a fiscalizações e inspeções estabelecidas na legislação que rege os padrões a serem observados para o envasamento de água mineral.

Foram analisadas no LACEN-CE, no ano de 2007, 264 amostras de águas adicionadas de sais e águas minerais, envasadas em garrações de 20 litros de diferentes marcas, conforme mostram as Tabelas 7 e 8.

Dessas amostras, 222 foram de águas adicionadas de sais referentes a 23 marcas (Tabela 7), sendo que 30 amostras acusam a presença de coliformes totais, mas não se pode tirar uma conclusão fazendo um parâmetro pelo total. A RDC nº 275/05 diz que para ser aprovada a partida do produto, há uma tolerância de apenas uma unidade da amostra representativa apresentar a contagem dos microrganismos entre o mínimo e o máximo. E se for constatada a presença de *Escherichia coli* ou coliformes (fecais) termotolerantes em uma

das unidades da amostra representativa, a partida será rejeitada. Por isso a comparação que se pode fazer é em relação as marcas, nas quais foi constatada a ausência de coliformes termotolerantes em todas as 23. Quanto a presença de coliformes totais foi constatada em 12 marcas, seis delas apresentando ausência meses depois. Deve-se desconsiderar a marca J, por sua amostra ter sido retirada para análise de apenas um vasilhame. Quando a análise é realizada desse modo é porque foi alguma denúncia e não se tem uma segurança em relação a quantidade da unidade amostral. Destas 11 a marca D referente ao mês de Janeiro, a F em abril, a N em março e a X em dezembro foram rejeitadas devido à presença de coliformes totais acima do valor aceitável, mas destas quatro marcas que foram rejeitadas, duas (D e N) foram aprovadas nos meses subsequentes. A marca X é totalmente rejeitada de acordo com o critério da legislação, pois além de suas quatro unidades estarem com presença de coliformes totais, todas apresentam *Pseudomonas*. A marca E deverá ficar de alerta porque está no limite da rejeição. Considerando que as 11 marcas de águas adicionadas de sais entre as 23, apresentaram coliformes totais, encontra-se um percentual elevado de 48%, não sendo admissível, visto que é uma água comercializada como um produto de boa qualidade para o consumo humano.

Tabela 7 – Resultados de análises para a caracterização microbiológica de AAS conforme Resolução RDC nº 275/05

MÊS/ 2007	MARCA - Número total de amostras	Coliformes Totais		<i>E. coli</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>Enterococos</i>	
		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
JAN	A – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
JUN	A – 05	01	04	00	05	-	-	-	-
NOV	A – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
JAN	B – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
JUN	B – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
JUL	B – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
JAN	C – 05	02	03	00	05	-	-	-	-
JUN	C – 05	01	04	00	05	-	-	-	-
NOV	C – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
JAN	D – 05	04	01	00	05	-	-	-	-
FEV	D – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
AGO	D – 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	D – 05	00	05	00	05	-	-	-	-

MÊS/ 2007	MARCA - Número total de amostras	Coliformes Totais		E. Coli		Pseudomonas aeruginosa		Enterococos	
		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
JAN	E - 05	01	04	00	05	-	-	-	-
AGO	E - 05	01	04	00	05	-	-	-	-
NOV	E - 05	02	03	00	05	-	-	-	-
FEV	F - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
ABR	F - 05	04	01	00	05	-	-	-	-
FEV	G - 01	00	01	00	01	-	-	-	-
AGO	G - 01	00	01	00	01	-	-	-	-
OUT	G - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
FEV	H - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
FEV	I - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	I - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
FEV	J - 01	01	00	00	01	-	-	-	-
FEV	K - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	K - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
MAR	L - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
MAR	M - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
SET	M - 05	01	04	00	05	-	-	-	-
OUT	M - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
MAR	N - 05	05	00	00	05	-	-	-	-
OUT	N - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
MAR	O - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	O - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
MAIO	P - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	P - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
MAIO	Q - 05	01	04	00	05	-	-	-	-
MAIO	R - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	R - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
DEZ	R - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
SET	S - 05	01	04	00	05	-	-	-	-
OUT	S - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
NOV	T - 05	01	04	00	05	-	-	-	-
NOV	U - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
DEZ	V - 05	00	05	00	05	-	-	-	-
DEZ	X (DENÚNCIA)	04	00	00	04	04	00	-	-
TOTAL	222	30	192	0	222	04	218	-	-

Fonte: Modificado e atualizado de acordo com dados obtidos do LACEN referente ao ano de 2007.

Na Tabela 8 dessas 264 amostras de garrações de 20 litros, 42 foram de águas minerais referentes a cinco marcas. Destas 42 amostras, três apresentaram coliformes totais referentes a três marcas, a (A, B e E). Desconsiderando a marca B, por não ter amostra significativa, nenhuma foi rejeitada. A marca A foi analisada em meses posteriores mostrando ausência de coliformes. Nenhuma marca acusa presença de outros microrganismos, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* e *Enterococos*. Mas considerando o percentual de 40%, relativo as duas marcas de água mineral, que acusaram presença de coliformes totais, entre as cinco. É um percentual muito elevado para o que se propõe a pagar por uma água pura.

Tabela 8 – Resultados de análises para a caracterização microbiológica de águas minerais conforme Resolução RDC n° 275/05

MÊS/ 2007	MARCA - Número total de amostras	Coliformes Totais		<i>E. coli</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>Enterococos</i>	
		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
JAN	A – 05	01	04	00	05	00	05	00	05
FEV	A – 05	00	05	00	05	00	05	00	05
OUT	A – 05	00	05	00	05	00	05	00	05
NOV	A – 01	00	01	00	01	00	01	00	01
FEV	B – 01	01	00	00	01	00	01	00	01
AGO	B – 05	00	05	00	05	00	05	00	05
FEV	C – 05	00	05	00	05	00	05	00	05
OUT	C – 05	00	05	00	05	00	05	00	05
FEV	D – 05	00	05	00	05	00	05	00	05
FEV	E – 05	01	04	00	05	00	05	00	05
TOTAL	42	3	39	0	42	0	42	0	42

Fonte: Modificado e atualizado de acordo com dados obtidos do LACEN referente ao ano de 2007.

De acordo com a legislação poderia dizer que a qualidade da água envasada em Fortaleza está dentro do limite aceitável, daquele que separa a qualidade satisfatória da qualidade marginal do produto, mas não do desejável. Deve-se observar que a contaminação não necessariamente provém da fonte, mas, pode acontecer no processo de industrialização (instalações, equipamentos, processamento, armazenamento de embalagens, estocagem, expedição, transporte e rastreabilidade no mercado).

6.2 Sustentabilidade financeira

Os resultados referentes à sustentabilidade financeira foram divididos em duas etapas: a primeira mostra os valores obtidos referentes ao custo médio de disponibilização da água subterrânea na Região Metropolitana de Fortaleza, como também custos de investimento referentes ao parque industrial de envase e transporte da água envasada, os custos de OAM da disponibilização da água e da atividade de envase. Na segunda, mostram-se os valores obtidos dos respectivos custos citados, em R\$, R\$/ano, R\$/vasilhame e R\$/litro.

Os custos apurados em Araújo et al (2005) são custos de disponibilização de água subterrânea que se referem a 13.000 poços de todo o Estado do Ceará, como também custos individuais de investimento e OAM de 1.500 poços selecionados e espacialmente bem distribuídos, os quais foram calculados a partir dos bancos de dados utilizados por Barbosa (2000). A Tabela 9 apresenta os valores de custo de disponibilização da água subterrânea na Região Metropolitana de Fortaleza, relativos ao custo de investimento (capital) e OAM (ARAÚJO et al, 2005, p. 295-296).

Tabela 9 - Custos médios de investimento e OAM da disponibilização da água subterrânea na Região Metropolitana de Fortaleza

Ambiente	Custo médio de investimento (R\$/m³)¹⁸	Custo médio de OAM (R\$/m³)	Vazão (hm³/ano)
crystalino	0,091	0,071	19,3
sedimento	0,113	0,056	60,3
total	0,204	0,127	79,6

Fonte: Modificado e atualizado de (ARAÚJO et al, 2005).

O custo médio de investimento obtido no cristalino em agosto de 2001 era de 0,055 R\$/m³. Atualizando este valor pelo IGP10 e utilizando a equação abaixo (2), obtém-se o novo custo relativo a novembro de 2006. O índice IGP de agosto de 2001 é R\$ 211,899; enquanto que seu valor para novembro de 2006 é R\$ 352,472. Atualizando da mesma forma o custo médio de OAM, o valor de 0,043 R\$/m³ em agosto de 2001, em novembro de 2006, era de 0,071 R\$/m³.

¹⁸ Os custos (R\$/m³) são obtidos dividindo-se a anuidade do investimento (R\$/ano) pela vazão (m³/ano)

$$\text{Custo}(t + \Delta t) = [\text{Índice}(t + \Delta t)/\text{Índice}(t)] \times \text{Custo}(t) \quad (2)$$

t = tempo inicial (mês e/ou ano) que se tem o valor de custo;

Δt = período que se quer atualizar;

$t + \Delta t$ = tempo final (mês e/ou ano) para a atualização de custo

O custo médio de investimento obtido no sedimento em agosto de 2001 era de 0,068 R\$/m³. Atualizando do mesmo modo pelo IGP10 e utilizando a equação (2), obtém-se o novo custo relativo a novembro de 2006: 0,113 R\$/m³ e para o custo de OAM: 0,056 R\$/m³

A Tabela 10 apresenta os valores totais (investimento + OAM) relativos a distribuição espacial da água subterrânea no Ceará. A equação (2) foi utilizada para a atualização dos custos da Tabela 10. Nesse caso o menor valor se encontra nos aquíferos sedimentares, variando entre 0,099 e 0,133 R\$/m³. Os custos totais dos aquíferos do cristalino chegam a 0,240 R\$/m³ (ARAÚJO et al, 2005).

Tabela 10 – Custos totais da distribuição da água subterrânea no Ceará

Aquíferos	Localização	Valor mínimo (R\$ /m³)	Valor máximo (R\$/m³)
Fissurais (cristalino)	Sertão Central (região Quixadá e Morada Nova e na região Centro Sul, entre os municípios de Mombaça e Catarina).	0,182	0,240
Fissurais (cristalino)	Outras regiões (Serra Grande, Missão Velha, Arajara) com exceções pontuais.	0,182	0,216
Sedimentares	Litoral Leste do Estado (aquífero Barreira) e no baixo Jaguaribe (Formação Jandaíra), entre as cidades de Limoeiro do Norte e Russas.	0,099	0,133

Fonte: Modificado e atualizado de (ARAÚJO et al, 2005).

A Tabela 11 mostra os custos totais acima descritos divididos em custos de investimento e de OAM nos seus respectivos percentuais. Observa-se que 64% dos custos são de investimento e 36% de OAM (ARAÚJO et al, 2005, p. 295).

Tabela 11 – Custos (investimento + OAM) da distribuição da água subterrânea no Ceará

Aquíferos	Valor mínimo			Valor Máximo		
	total (R\$/m ³)	Investimento (R\$/m ³)	OAM (R\$/m ³)	total (R\$/m ³)	Investimento (R\$/m ³)	OAM (R\$/m ³)
Fissurais (cristalino)	0,182	0,116	0,065	0,240	0,153	0,086
Fissurais (cristalino)	0,182	0,116	0,065	0,216	0,138	0,077
Sedimentares	0,099	0,063	0,035	0,133	0,085	0,047

Fonte: Modificado e atualizado de (ARAÚJO et al, 2005).

O trabalho de Pires (2000, p. 33) analisa a produção de água mineral. Considera-se, para efeito de cálculos de custos, que existe uma fonte que viabiliza a empresa. A capacidade de produção da empresa estimada por Pires é de 1.000 vasilhames de 20 litros a cada hora, ou seja, 176.000 unidades por mês, em embalagens PET; no regime operacional de 8 horas/dia, 22 dias/mês, 12 meses/ano, totalizando 176 horas/mês.

Atualizando-se os valores relativos ao investimento do empreendimento pelo IGP10 e utilizando-se a equação (2), obtêm-se os novos custos relativos a novembro de 2006. O índice IGP de janeiro de 2000 é R\$ 181,266; e seu valor para novembro de 2006 é R\$ 352,472.

A Tabela 12 demonstra os valores de cada tópico que compõe o investimento fixo mais capital de giro, fornecendo o valor do capital inicial para o investimento do parque industrial de envase, igual a R\$ 680.400 e R\$ 400.000 para o investimento de transporte.

Tabela 12 – Custos de investimento para o parque industrial de envase e transporte da água envasada

Investimento	Valor R\$
Terreno	116.640,00
Construções de escritório e área industrial	116.640,00
Máquinas e equipamentos	262.440,00
Móveis e utensílios	19.440,00
Transportes de equipamentos e montagem	9.720,00
Eventuais	58.320,00
Capital de giro	97.200,00
Sub-Total	680.400,00
Transporte	400.000,00
Sub-Total	400.000,00

Fonte: Modificado e atualizado de (PIRES, 2000, p. 36).

A Tabela 13 fornece os quatro grupos de despesas (com pessoal, comerciais, administrativas e tributárias) com seus respectivos valores que compõem os custos de OAM necessários para executar a atividade de envasamento de água mineral.

Tabela 13 - Estrutura de custos anuais de OAM (Operação, Administração e Manutenção) para atividade de envasamento de água mineral

TIPOS DE CUSTOS	VALOR (R\$/ano)¹⁹
1. Despesas com Pessoal	
1.1 Salários	71.880
1.2 Férias + adicional de férias (1/3).....	7.987
1.3 Décimo terceiro salário.....	5.990
1.4 FGTS (8%).....	6.869
1.5 INSS (7,65%).....	6.568
1.6 Vale transporte.....	7.327
1.7 Vale refeição.....	10.575
1.8 Salário família.....	8.309
1.9 Pró-Labore.....	120.000
1.10 Treinamento.....	6.555
Sub-total item 1	252.060
2. Despesas Comerciais	
2.1 Publicidade.....	90.000
2.2 Material de expediente.....	6.000
2.3 Vasilhames de 20 litros.....	897.600
2.4 Rótulos.....	28.090
2.5 Tampa plástica.....	114.048
2.6 Lacre.....	21.120
2.7 Frete.....	8.400
Sub-total item 2	1.165.258
3. Despesas Administrativas	
3.1 Despesas bancárias.....	1.200
3.2 Honorários Profissionais.....	9.120
3.3 Aluguel.....	24.000
3.4 Comunicação.....	17.400
3.5 Energia Elétrica.....	21.600
3.6 Manutenção de prédios e instalações.....	20.000
3.7 Manutenção de máquinas.....	6.000
3.8 Manutenção de veículos.....	31.920
3.9 Combustível.....	58.080
3.10 Gás.....	720
3.11 Correios.....	600
3.12 Associação comercial e sindicatos.....	4.800
3.13 Taxa de expediente.....	1.247
3.14 Material de limpeza.....	19.200
Sub-total do item 3	195.440
4. Despesas Tributárias	
4.1 ICMS.....	570.240
4.2 PIS (0,65%).....	33.634
4.3 CFEM.....	91.243
4.4 Tarifa por uso da água (COGERH).....	43.788
4.5 CSLL (1,08%).....	55.884
4.6 IRPJ (1,2%).....	62.093
4.7 COFINS (3%).....	155.232
4.8 CPMF.....	3.600

¹⁹ Os centavos foram arredondados para os valores anuais.

TIPOS DE CUSTOS	VALOR (R\$/ano) ¹⁹
Sub-total do item 4	1.015.714
TOTAL (itens 1+2+3+4)	2.628.472

Fonte: Autora (2007)²⁰

A Tabela 14 serviu de base para cálculo do grupo 1 despesas com pessoal da Tabela 13 aplicando-se o percentual de 8% sobre a folha de pagamento para cálculo do FGTS e 7,65% para o valor anual do INSS.

Tabela 14 – Custos mensais com mão-de-obra da indústria de envase

Cargo/função	Quantidade	Salário Base (R\$)	Custo (R\$/mês)
Alimentador	02	380,00	760,00
Envasador	02	380,00	760,00
Rotulador	02	380,00	760,00
Carga/descarga	04	380,00	1.520,00
Aux. de escritório	02	380,00	760,00
Secretária	01	650,00	650,00
Vigia	01	380,00	380,00
Gerente de produção	01	400,00	400,00
Total	15	-	5.990,00

Fonte: Autora (2007)

A Tabela 15 mostra como foi calculado o valor anual a ser pago pela empresa referente ao vale transporte dos funcionários da Tabela 13. Admitindo-se que o ano possui 52 semanas em que quatro são de férias e uma relativa aos feriados durante o ano, então, o ano possui 47 semanas úteis. Há 235 dias úteis por ano, visto que a semana é considerada com cinco dias úteis. Considera-se o custo diário com vale transporte por funcionário o valor de R\$ 3,20, totalizando para todos os funcionários o valor de R\$ 11.280 por ano. O percentual de 6% é descontado mensalmente do salário de cada funcionário, variando conforme o salário de cada um e totalizando R\$ 3.953,40 por ano, então, para a indústria a despesa com vale transporte será de R\$ 7.326,60 ao ano.

²⁰ Tabela formulada conforme informações obtidas na Soma Contabilidade, Mineradora Límpida, Wilca Hempel, Frutuoso Júnior, Eliezer e Aníball Galeno (SEFAZ), Aurélia (SINDBEBIDAS), (SOUZA, 2006), (RODRIGUES, 2006), (DA SILVA; OLIVEIRA FILHO, 2000)

Tabela 15 – Custos anuais de vale transporte dos funcionários da indústria de envase

	Quant. de Func. p/salário	Salário Base p/func (R\$)	Valor do Vale p/unidade (R\$)	Custo (R\$/ano /func)	6% do Salário (R\$/mês /func)	6% a Descontar (R\$/ano /func)	Valor A Pagar
	13	380,00	1,60	752,00	22,80	250,80	501,20
	01	400,00	1,60	752,00	24,00	264,00	488,00
	01	650,00	1,60	752,00	39,00	429,00	323,00
Total	15	5.990,00		11.280,00	359,40	3.953,40	7.326,60

Fonte: Autora (2007)

Ainda calculando o grupo 1 da Tabela 13, admite-se para cálculo do vale refeição, o valor diário de refeição igual a R\$ 3,00/dia útil sem desconto para o funcionário. Para o salário família utiliza-se o valor de R\$ 23,08 por filho, admitindo-se média de 2 filhos por funcionário.

Quanto ao treinamento são realizadas parcerias (programas) com os fornecedores, SENAI e SESI, para administração de palestras e treinamentos na própria empresa. Existem três planos de treinamento implantados:

- 1) APPCC – Avaliação de Pontos e Perigos Críticos de Controle – relacionado a gestão de qualidade, teve início na NASA. Objetiva identificar quais riscos para o perigo físico, o profissional acompanha os manipuladores dos produtos químicos na planta (parque industrial) e informa também sobre a segurança alimentar.
- 2) PMSO – Programa Médico de Saúde Ocupacional – há a presença do médico do trabalho, que ministra palestras sobre vida saudável, tabagismo e higiene, realiza exames laboratoriais e de acuidade visual.
- 3) PPRA – Programa de Perigos e Riscos Ambientais – há a presença do engenheiro de trabalho, que objetiva identificar riscos e alternativas para minimizar esses riscos.

O valor total para treinamento com funcionários é de R\$ 6.555/ano.

Para o grupo 2 (despesas comerciais) da Tabela 13 no item vasilhames de 20 litros, admitiu-se o vasilhame PET como padrão por ser o mais utilizado atualmente, visto que existem três tipos de vasilhames com diferentes preços: cristal (R\$13,80), PET (R\$ 8,50) e o borrachudo (R\$ 7,50). Com produção de 2.112 milheiros ao ano e com uso de até 20 vezes

por vasilhame, ao preço de R\$ 8,50, o custo anual é de R\$ 897.600/ano. No caso dos rótulos, escolheu-se o rótulo de PE (Polietileno) plástico que é retornável de 5 a 6 lavagens, admitindo-se a demanda de 2.112 milheiros para 4 usos de rótulo, ao preço de R\$ 53,20 o milheiro, chega-se ao valor de custo de R\$ 28.090/ano. Já as tampas plásticas para os vasilhames são de uso único, também comercializadas por milheiro ao preço de R\$ 54,00, logo, tendo como custo anual R\$ 114.048. De uso único também é o lacre de cada vasilhame, ao preço de R\$ 10,00 por milheiro, seu custo anual é de R\$ 21.120.

Para compor o grupo 3 (despesas administrativas) da Tabela 13, foi calculado como custo com honorários profissionais o valor mensal de dois salários mínimos (2 x R\$ 380,00) referente aos serviços de um contador, perfazendo o total de R\$ 9.120/ano. Já no item custo de comunicação, foi considerado que o empreendimento possui plano empresa para telefone fixo e móvel, totalizando R\$ 1.200 mensais mais R\$ 250/mês com Internet, logo custando R\$ 17.400/ano.

Quanto à manutenção de veículos computou-se o valor de R\$ 150 mensais por caminhão, referente a óleo para motor, óleo para caixa de marcha e diferencial (óleo 90), filtro de ar e filtro de óleo, como são quatro caminhões, o total é de R\$ 7.200/ano; com R\$ 40/mês por lavagem de caminhão, ou R\$ 1.920/ano; com seis pneus para cada um, em torno de R\$ 950/pneu são R\$ 22.800/ano, perfazendo o custo total anual de R\$ 31.920. Para a taxa de expediente, o envasador paga por funcionário o valor mensal de R\$ 6,93, com 15 funcionários o custo anual é de R\$ 1.247,40.

As despesas tributárias, grupo 4 da Tabela 13, foram calculadas de acordo com os percentuais correspondentes ao tipo de indústria em estudo, no que se refere ao valor do faturamento e a água mineral em análise. A mesma está enquadrada pela Instrução Normativa nº 16/2006 da SEFAZ na faixa II, por isso o ICMS foi calculado multiplicando-se o número de vasilhames produzidos ao ano pelo valor estipulado de R\$ 0,27, obtendo-se o custo de R\$ 570.240,00/ano.

O preço de venda da água mineral em questão é de R\$ 2,45, com o faturamento anual de R\$ 5.174.400 obtém-se o custo do PIS ao se multiplicar este valor por 65%, ficando R\$ 33.633,60/ano. Já o CFEM calcula-se deduzindo do faturamento o valor do PIS, do ICMS e do frete. A esse valor aplica-se 2%, obtendo-se o valor anual de R\$ 91.242,52.

A tarifa pelo uso da água aplicada pela COGERH é unitária de R\$ 1.036,65 /1000 m³. Como o que se consome na indústria é 42,24 (1000 m³/ano), a tarifa total é de R\$

43.788,09/ano. Já os valores de CSLL, IRPJ e COFINS são calculados sobre o faturamento aplicando-se 1,08%; 1,2% e 3,0%, respectivamente.

A Tabela 16 mostra todos os custos de investimento analisados, os quais foram calculados considerando-se os seguintes níveis de operação: 176.000 vasilhames/mês x 20 L/vasilhame x 12 meses/ano = 42.240 m³/ano de água envasada.

Foi admitida eficiência²¹ baixa²² (20%) para se calcular o valor da vazão que deveria ser bombeada, que é de 211.200 m³/ano. Multiplicando-se a vazão pelo custo médio de investimento do aquífero sedimentar na região metropolitana de Fortaleza (0,113 R\$/m³), obtém-se o valor de 23.865,60 R\$/ano, que é o custo anual de investimento para disponibilização da água subterrânea.

A metodologia utilizada para obtenção dos custos de investimento e OAM da água envasada em Fortaleza, Ce, por ano, por vasilhame e por litro encontra-se no Anexo E.

Não se deve achar que os custos estimados nesse trabalho são uma lista padrão. Observa-se conforme De Matos (2005, p. 23) que a cada comércio de água envasada encontra-se uma variação. Os custos de OAM (Operação, Administração e Manutenção) adicionados aos custos de investimento proporcionam o conhecimento de todo o custo, desde a extração até a venda. Os resultados encontrados mostraram-se perfeitamente coerentes com os praticados na literatura, “[...] cabe ressaltar as despesas com transporte, da ordem de 20 a 30% como importante componente dos custos totais”. (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 155).

²¹ Eficiência é a razão entre a quantidade de água envasada e a quantidade de água que se precisa ter na empresa.

²² A eficiência é admitida baixa se inferior a 20%.

Tabela 16 – Custos de investimento da água envasada em Fortaleza, Ce, por ano, por vasilhame e por litro

TIPOS DE CUSTOS DE INVESTIMENTO		R\$	R\$/ano	R\$/vasilhame	R\$/litro
Disponibilização da água subterrânea		192.309,43	23.865,60	0,0023	0,0001
Parque industrial de envase	Terreno, construções de escritório e área industrial	233.280,00	31.236,19		
	Máquinas e equipamentos, móveis e utensílios	281.880,00	49.864,57		
	Transportes de equipamentos e montagem, eventuais e capital de giro	165.240,00	45.821,05		
	Total	680.400,00	126.921,81	0,0600	0,0030
Transporte		400.000,00	110.920,00	0,0525	0,0026
Total global		1.272.709,43	261.707,41	0,1148	0,0057

Fonte: Autora (2007)

De acordo com o que foi demonstrado na Tabela 16 o custo de investimento mais significativo é o relativo ao parque industrial de envase, contribuindo com 48% do custo total, observando-se que entre esse custo o mais representativo com 39% é o que se refere ao maquinário. O custo de investimento relativo ao transporte assume o segundo lugar com 42% e por último com 9% o custo de disponibilização da água subterrânea.

Tabela 17 – Custos de OAM da água envasada em Fortaleza, Ce, por ano, por vasilhame e por litro

TIPOS DE CUSTOS DE OAM		R\$/ano	R\$/vasilhame	R\$/litro
Disponibilização da água subterrânea		11.827,20	0,0011	0,0001
Atividade de envasamento de água mineral	Despesas com pessoal	252.060,00		
	Despesas comerciais	1.165.258,00		
	Despesas administrativas	195.440,00		
	Despesas tributárias	1.015.714,00		
Total		2.628.472,00	1,2445	0,0622
Total global		2.640.299,20	1,2456	0,0622

Fonte: Autora (2007)

Em relação aos custos de OAM, o mais significativo continua na atividade de envase, contribuindo com os custos na quase totalidade, com 99,55%, restando 0,44% para o custo de OAM referente a disponibilização da água. Entre as quatro despesas que formam o custo de OAM da atividade de envase a que tem peso maior são as despesas comerciais, as quais representam 44% do custo, assumindo o segundo lugar as despesas tributárias com 39%.

Tabela 18 – Resumo do total dos custos (investimento e OAM) por ano, por vasilhame e por litro para um empreendimento de envase de água mineral

TIPOS DE CUSTOS	R\$/ano	R\$/vasilhame	R\$/litro
CUSTOS DE INVESTIMENTO	261.707,41	0,1148	0,0057
CUSTOS DE OAM	2.640.299,20	1,2456	0,0622
TOTAL	2.902.006,61	1,3605	0,0680

Fonte: Autora (2007)

A Tabela 18 mostra com clareza que o peso maior entre os custos é o dos custos de OAM, representando 90,98% do total, restando apenas a parcela de 9,01% para o custo de investimento. A soma dos custos de investimento e OAM totalizam o valor de 2.902.006,61 R\$/ano, os quais divididos pela produção anual correspondem a 1,3605 R\$/vasilh/ 20 litros, ou ainda, 0,0680 R\$/L. Como o custo total da atividade por vasilhame é de R\$ 1,36, e visto que o preço de venda por vasilhame de 20 litros varia de R\$3,00 a R\$5,50, pode-se afirmar que há sustentabilidade financeira para a atividade de produção de água envasada. A água envasada poderia ser mais acessível a população, portanto, é preciso levantar a questão de que se pode ter uma água de qualidade a um custo baixo.

O resultado dessa pesquisa fornece um bom alicerce para se refletir o que é que significa o custo de um vasilhame de 20 litros de água envasada.

Sabendo-se que a água pode ser mais barata, qual a dificuldade de se aplicar políticas públicas para que essa água atinja a toda população, visto que a água é um bem público e está sendo capitalizada por uma minoria que tem o direito de explorar esse recurso em prol de si mesma? Além disso, a legislação permite o envasamento de águas denominadas de águas adicionadas de sais, as quais não se enquadram para a região nordestina. A característica geoambiental da região demonstra a incoerência na existência da produção dessas águas, devido já se constatar presença de sais nas águas. O que fazer com uma atividade em expansão que poderá elevar à exploração dos aquíferos?

6.3 Sustentabilidade ambiental

6.3.1 Levantamento dos parâmetros DRASTIC distribuídos na área de estudo

D – Profundidade do nível estático

Na Figura 15 é visualizado o mapa de profundidade do nível estático do aquífero da área de estudo. A área de estudo contemplou todos os intervalos de profundidade. O levantamento do nível estático possibilitou visualização através dos polígonos, dos setores da área de pesquisa em que o aquífero se encontra mais raso e possivelmente mais susceptível a contaminação.

Os resultados obtidos mostram a variação do nível estático desde profundidades menores do que 1,5m até maiores do que 30,5m. Nota-se que as classes de profundidade com valores mais elevados, a classe um ($> 30,5\text{m}$) e dois (entre 22,9 e 30,5m), as quais possuem menor susceptibilidade a ação de agentes contaminantes, são pequenas e estão localizadas nas áreas de dunas próximas as zonas litorâneas, com relevo topográfico elevado e pertencem aos bairros Cais do Porto, Vicente Pinzón e Papicu. As zonas da classe três (entre 15,2 e 22,9m) também estão localizadas nas dunas, mas, se espalham juntamente com a classe cinco (entre 9,1 e 15,2m) nos bairros: Meireles, Aldeota, Lagoa Redonda, Alagadiço Novo, Curió, Maraponga, Mondubim, Pici, Henrique Jorge. As zonas três e cinco são ainda áreas consideradas de baixa susceptibilidade à contaminação.

A grande maioria do Município encontra-se na classe sete (entre 4,6 e 9,1m), de uma forma bem distribuída, esta zona se enquadra em uma susceptibilidade média a ação de contaminantes. A classe nove é considerada de susceptibilidade elevada e a dez ($< 1,5\text{m}$) é a mais elevada.

Logo, constata-se ao observar o mapa (Figura 15) que o nível freático da quase totalidade da área pesquisada encontra-se de forma geral a pequenas profundidades (entre 0 e 9,1m), sendo então áreas consideradas como as de maior susceptibilidade a contaminação. O nível freático com pequenas profundidades está mais disperso por todo o Município, já a profundidade (entre 22,9 e $>30,5\text{m}$) encontra-se mais centralizada ao nordeste da área estudada, com poucas pontuações no restante da área. Quanto maior a profundidade do lençol freático, menor a probabilidade de o contaminante chegar ao domínio subterrâneo, e vice-versa. Deve-se observar também a densidade populacional e o uso e ocupação do solo da área estudada.

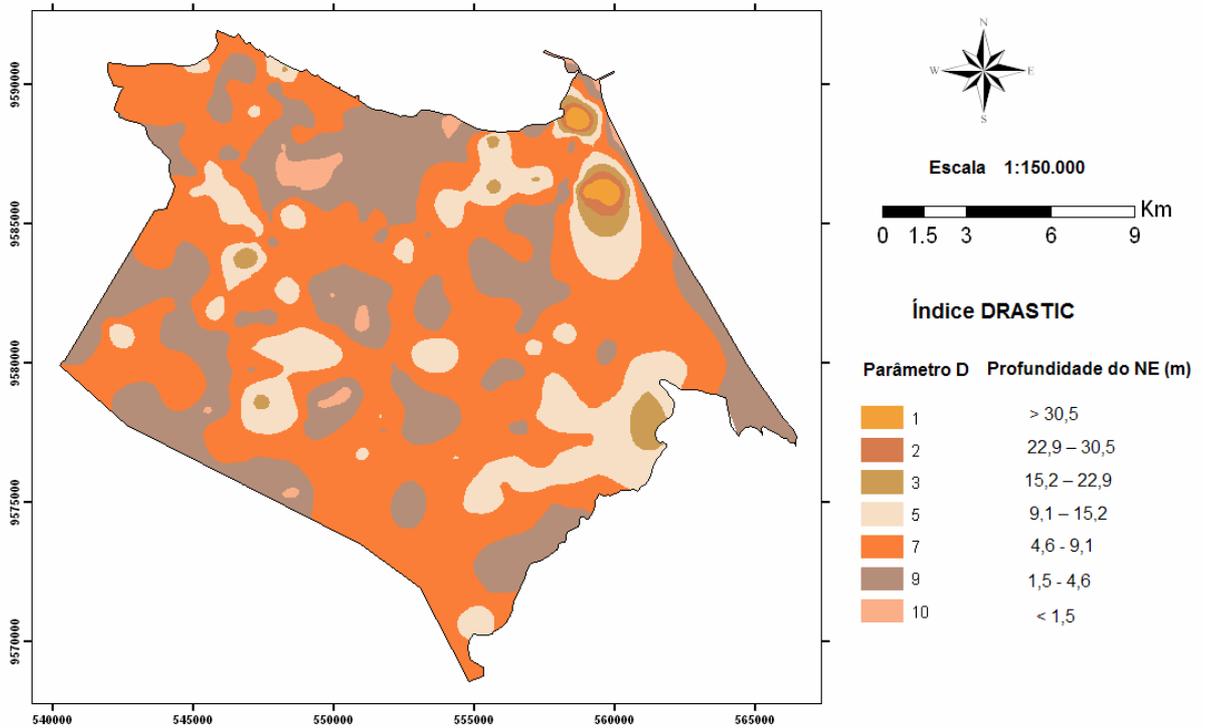


Figura 15 - Mapa de caracterização do parâmetro D: profundidade do nível estático do aquífero do Município de Fortaleza
 Fonte: CPRM e SOHIDRA (1993 poços), mapa elaborado pela autora, 2008

R – Recarga do aquífero

Quanto maior a recarga, maior será a lixiviação dos contaminantes para o aquífero, mas por outro lado a diluição das substâncias também aumenta.

Puerari (2005) considerou um valor de recarga de 15% da precipitação anual, no entanto, ao analisar o balanço hídrico de Oliveira e Abreu (2006), esse valor não é confirmado, o percentual encontrado decresce pela metade, assumindo o valor de 7,4%.

A Tabela 19 mostra as razões médias entre as lâminas de recarga e precipitada: Pici (6,9%); Castelão (6,7%); Água Fria (10,6%); Funceme (6,7%) e Messejana (5,8%). Para a estação do Cocó, foi utilizado o valor médio desses valores (7,4%), por não constarem dados referentes a esse posto para 2005. Como a precipitação no ano de 2005 foi moderada estimou-se a recarga com base na recarga anual média dos últimos 20 anos como o produto da

precipitação média anual dessa série histórica pela fração da precipitação. A fração da precipitação foi obtida pela divisão da recarga calculada pelo balanço hídrico de 2005 de Oliveira e Abreu (2006) pela precipitação de cada posto em 2005.

Tabela 19 - Demonstrativo do cálculo da média de recarga anual para cada posto pluviométrico usado nesta pesquisa (Fortaleza, Ce)

Legenda	Posto Pici	Posto Castelão	Posto Fund. Ma. Nilva (Água Fria)	Posto Parque Ecológico do Cocó	Posto Funceme	Posto Messejana
A	1341	1212	1377	971	1557	1216
B	6,9%	6,7%	10,6%	7,4%	6,7%	5,8%
A x B = C	93	82	146	72	104	71
D	3	3	6	3	6	3

Fonte: Autora, 2008

Legenda: A - precipitação média anual na série (1988-2007) em mm/ano;
 B - fração da precipitação que se tornou recarga em 2005 (admitida constante);
 C - recarga anual média estimada (1988-2007) em mm/ano;
 D - classificação DRASTIC

A amplitude de recarga para o Município de Fortaleza, segundo a metodologia, foi de 65 a 145mm/ano. Portanto, existem apenas dois intervalos, um abaixo de 102mm/ano e o outro acima. A Figura 16 mostra que a área correspondente ao intervalo >102 mm/ano é a de maior abrangência atingindo quase todo o Município, correspondendo a um índice de vulnerabilidade intermediária 6, pois, quanto maior a recarga maior a vulnerabilidade do aquífero.

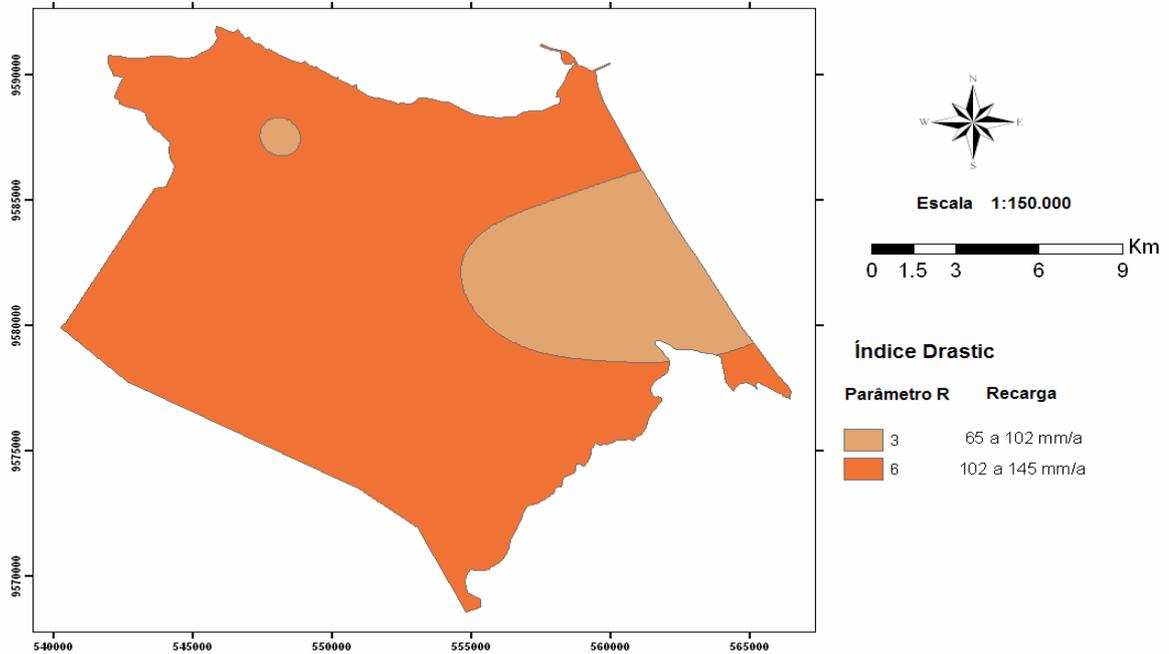


Figura 16 - Mapa de caracterização do parâmetro R: recarga do Município de Fortaleza
 Fonte: FUNCEME - dados pluviométricos, 1988-2007; Oliveira e Abreu (2006) - balanço hídrico 2005, mapa elaborado pela autora, 2008

A – Material do aquífero

Como resultado para o parâmetro A, que está diretamente vinculado aos tipos litológicos, obteve-se uma subdivisão para a litologia, baseada na Figura 17. Considerando os parâmetros hidrogeológicos referentes às unidades litológicas, as três divisões dividem-se em tipos de aquíferos porosos ou fissurais, devido à sua porosidade (primária ou secundária). A divisão litoestratigráfica à direita do mapa está de acordo com o Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará (2003), na escala de 1:500.000, são grupos que pertencem aos Sistemas identificados na legenda.

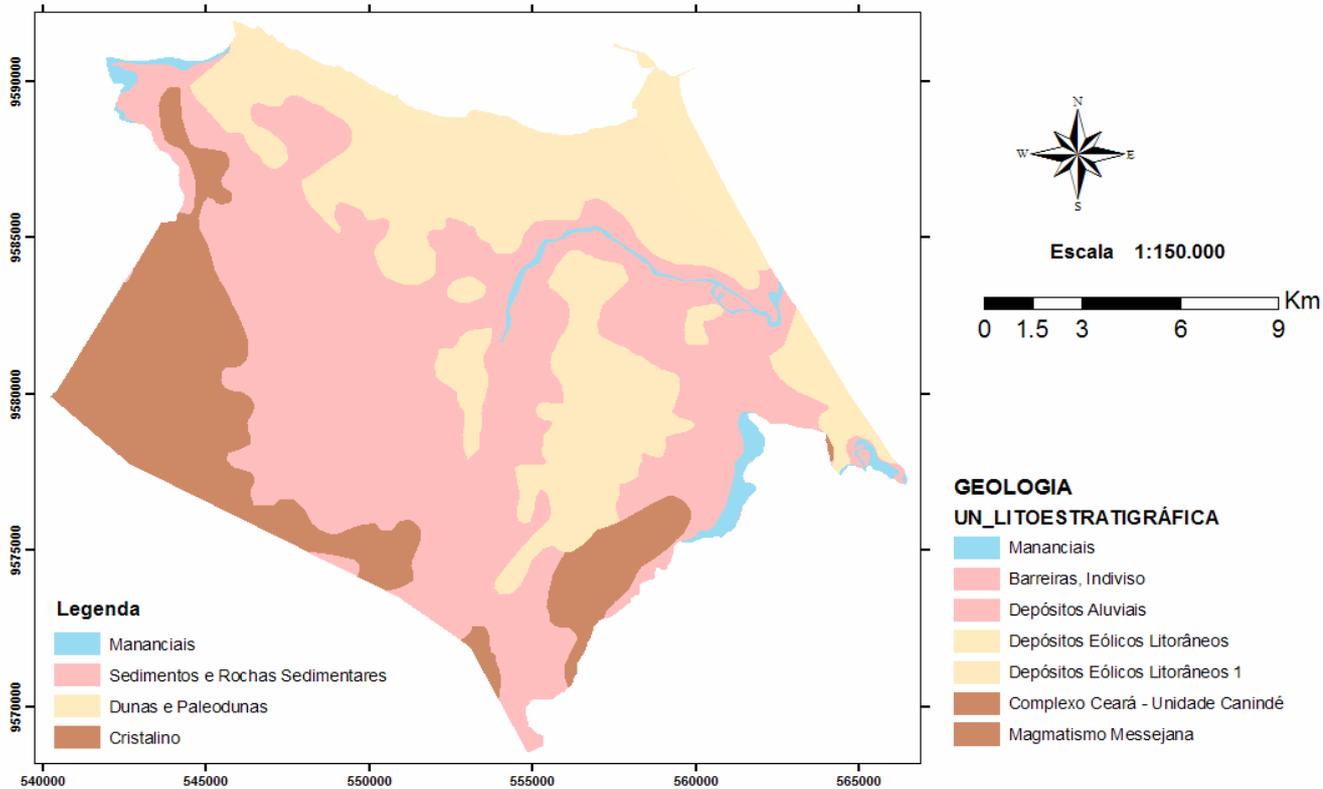


Figura 17 – Mapa inicial do mapa de caracterização do material do aquífero do Município de Fortaleza
 Fonte: Modificado de (MORAIS et al, 1984, p. 38).

O cristalino é considerado um aquífero, por ser uma camada ou formação semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior, recebem como índice de vulnerabilidade o valor três, conforme o Quadro 7, capítulo 3. Os sedimentos e rochas sedimentares representados pelo Grupo Barreiras são litologicamente constituídos predominantemente por arenitos finos, argilosos, com intercalações areníticas e conglomeráticas, com grande variação faciológica nos sentidos horizontal e vertical (MORAIS et al, 1984, p. 68). Devido a uma composição mais rica em argilominerais, possui porosidade e permeabilidade menores, pertencendo ao índice cinco do Quadro 7. As paleodunas e as dunas compreendem sedimentos arenosos, homogêneos e bem classificados, com índices elevados de porosidade (MORAIS et al, 1984, p. 56), como também uma maior permeabilidade, por consequência maior capacidade de infiltração de substância contaminante e se enquadram no índice oito do Quadro 7.

No mapa (Figura 18) observa-se as três áreas bem definidas e que a maior parte do Município é formada pelos sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras, aquífero bastante heterogêneo, recoberto parcialmente por estreito cordão de dunas ao longo do litoral, com um pouco de projeção para o interior. Quanto maior a granulometria maior será a vulnerabilidade devido a maior permeabilidade. Então, a área de menor vulnerabilidade é a de índice três, no cristalino; a de vulnerabilidade intermediária é a de índice cinco, e a de maior vulnerabilidade, dunas/paleodunas, com índice oito, pois, possui elevados índices de porosidade e permeabilidade permitindo uma maior infiltração do contaminante.

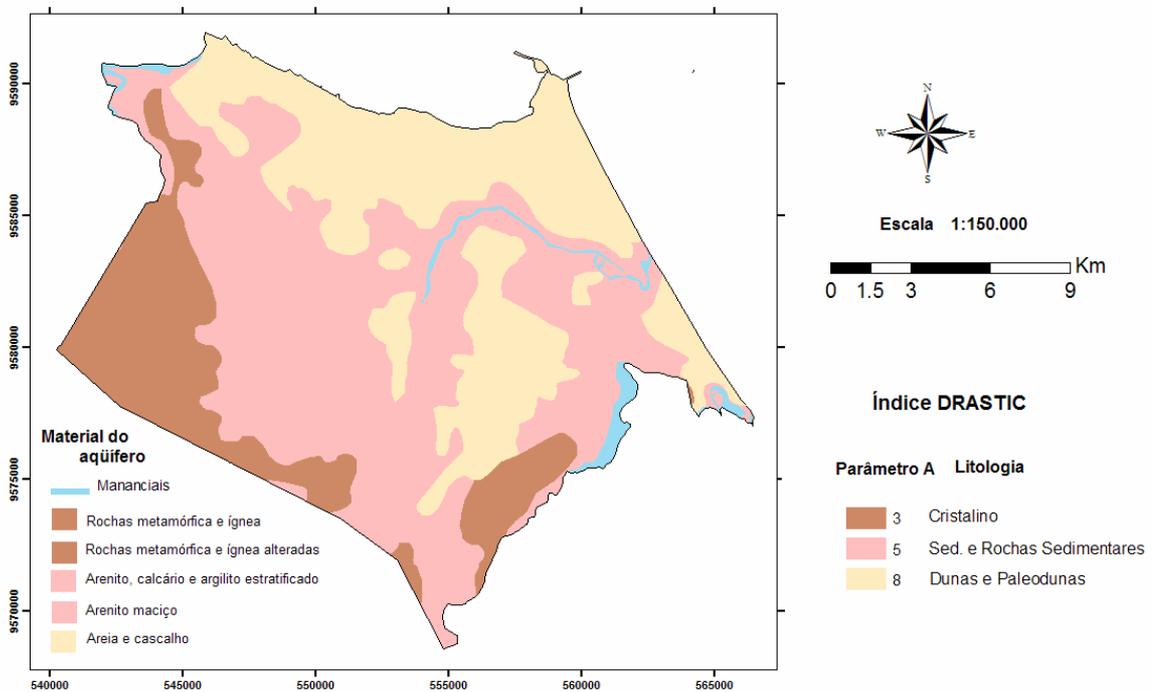


Figura 18 – Mapa de caracterização do parâmetro A: material do aquífero do Município de Fortaleza
Fonte: Mapa litológico (MORAIS et al, 1984, p. 38), mapa elaborado pela autora, 2008

S – Tipo de solo

Com base nos valores referentes às classes de solos do Quadro 8, capítulo 3, foram obtidos para a área de estudo os solos planossolo, latossolo e areias quartzosas.

Os solos chamados planossolos solódicos foram desenvolvidos sobre os litotipos da seqüência gnáissico-migmática, são relativamente rasos e de baixa permeabilidade. Observa-se um aumento na quantidade de silte e argila e uma diminuição na quantidade de areia,

conseqüentemente há uma diminuição na capacidade de infiltração do material contaminante, assumindo um índice de vulnerabilidade 4. São solos que sofrem encharcamento durante os períodos chuvosos e fendilhamento nas épocas secas (BRANDÃO, 1998, p. 34; OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 68).

O índice de avaliação seis é representado pelos latossolos e solos podzólicos, observados na zona pré-litorânea, em relevo plano a suavemente ondulado, nos domínios dos sedimentos da Formação Barreiras (BRANDÃO, 1998, p. 33; OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 68).

As areias quartzosas distribuem-se na faixa litorânea e pré-litorânea, compondo as dunas e paleodunas, com maior área de incidência no Município de Aquiraz. É uma área de camada bem menos compactada em relação aos outros solos da área, de textura arenosa e com baixos teores de argilas. Não possui a capacidade de reter partículas de cargas contaminantes, pertencendo à classe nove, que corresponde a um valor de avaliação elevado, como conseqüência de sua composição textural (BRANDÃO, 1998, p. 35; OLIVEIRA; ABREU, 2006, p. 68).

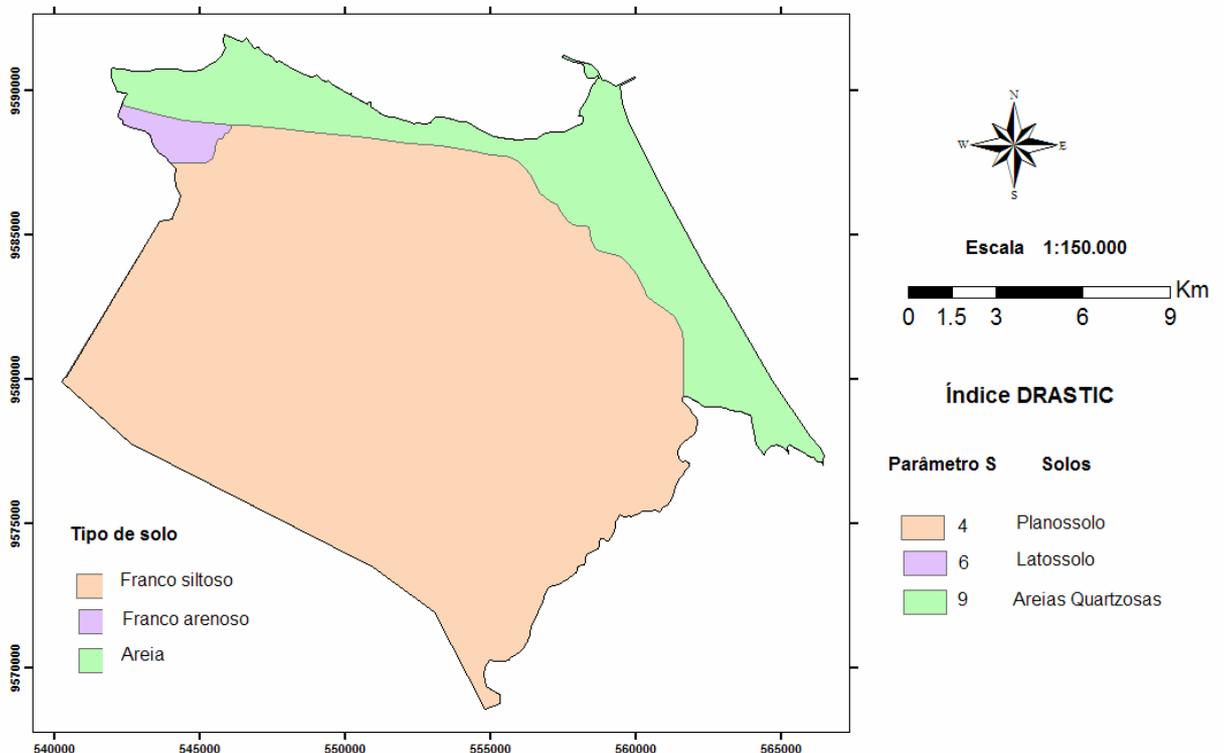


Figura 19 – Mapa de caracterização do parâmetro S: tipo de solo do Município de Fortaleza
Fonte: Mapa simplificado de solos de Fortaleza (PUERARI,2005), mapa elaborado pela autora, 2008

Observa-se no mapa (Figura 19) três regiões com características de solos diferentes, em que os planossolos são os que ocorrem em maior proporção, contribuindo para uma menor vulnerabilidade à contaminação da região. Já as areias quartzosas, região verde do mapa, possui índice de vulnerabilidade elevada, e a pequena área ao noroeste do Município, assume um valor intermediário de vulnerabilidade.

T – Topografia

Obtiveram-se, como resultado, dois intervalos de declividade para Fortaleza. Comprova-se, ao observar o mapa, que Fortaleza possui uma topografia muito plana, com relevo pouco acentuado em quase toda a área do Município, com exceção apenas da região das dunas. A classe de declividade ($< 2\%$), abrange maior parte da área de pesquisa, pertencentes a classe de índice dez (Figura 20).

A outra área delimitada no mapa de caracterização do parâmetro topografia no Município de Fortaleza, com declividade entre 2 e 6%, pertence ao índice de avaliação nove, também considerado elevado.

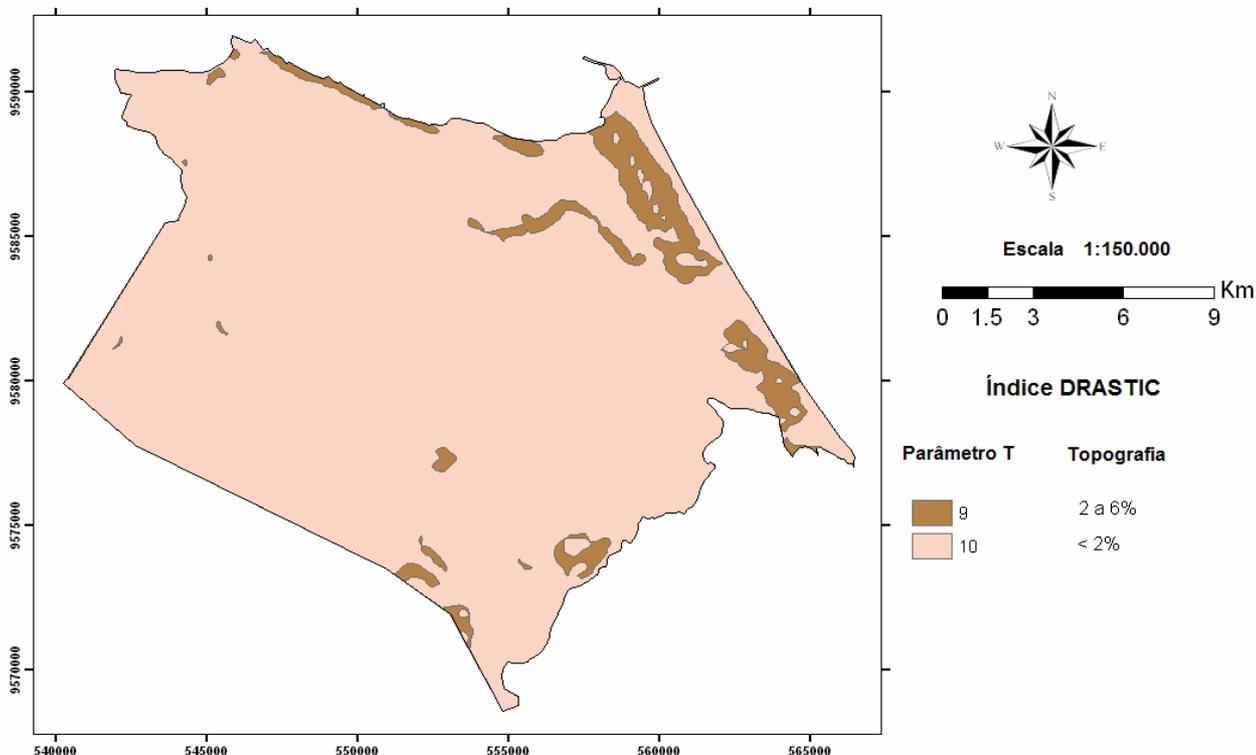


Figura 20 - Mapa de caracterização do parâmetro T: topografia do Município de Fortaleza
Fonte: Levantamentos topográficos (SEINF), mapa elaborado pela autora, 2008

A topografia se comporta inversamente, quanto maior a declividade menor a vulnerabilidade, então quanto mais plana for a região, mais vulnerável ela será, o contaminante não vai escoar, permanecendo estagnado e será mais fácil de infiltrar. É o caso de Fortaleza que é basicamente plana, com apenas alguns pontos de elevação, possuindo assim índices elevados de vulnerabilidade.

I – Impacto da zona vadosa

Conforme Oliveira e Abreu (2006, p. 72) os dados obtidos nos furos de sondagem revelam um gradiente de composição, com variação de uma formação mais argilosa, no material que compõe a zona vadosa, a um material mais arenoso, na região central da área, até areias mais puras nas proximidades da zona litorânea.

A zona de vadosa argilosa, pertencente ao intervalo três é a de menor impacto para a vulnerabilidade do aquífero, apresenta uma porosidade menor, logo reduzida capacidade de infiltração. É formada principalmente por sedimentos da Formação Barreiras e por alterações das rochas do embasamento cristalino, compõe a maior área do Município, como se observa no mapa (Figura 21). As rochas metamórficas encontram-se no índice quatro, representando uma pequena a média susceptibilidade a contaminantes. A zona intermediária, pela sua formação areno-argilosas das paleodunas e Barreiras, caracteriza-se por capacidade moderada de infiltração, pertencendo assim ao índice seis. Por último, a zona arenosa é a que apresenta uma maior capacidade de infiltração de contaminantes, apesar de não pertencer ao maior índice do Quadro 10, capítulo 3, insere-se no intervalo do índice oito.

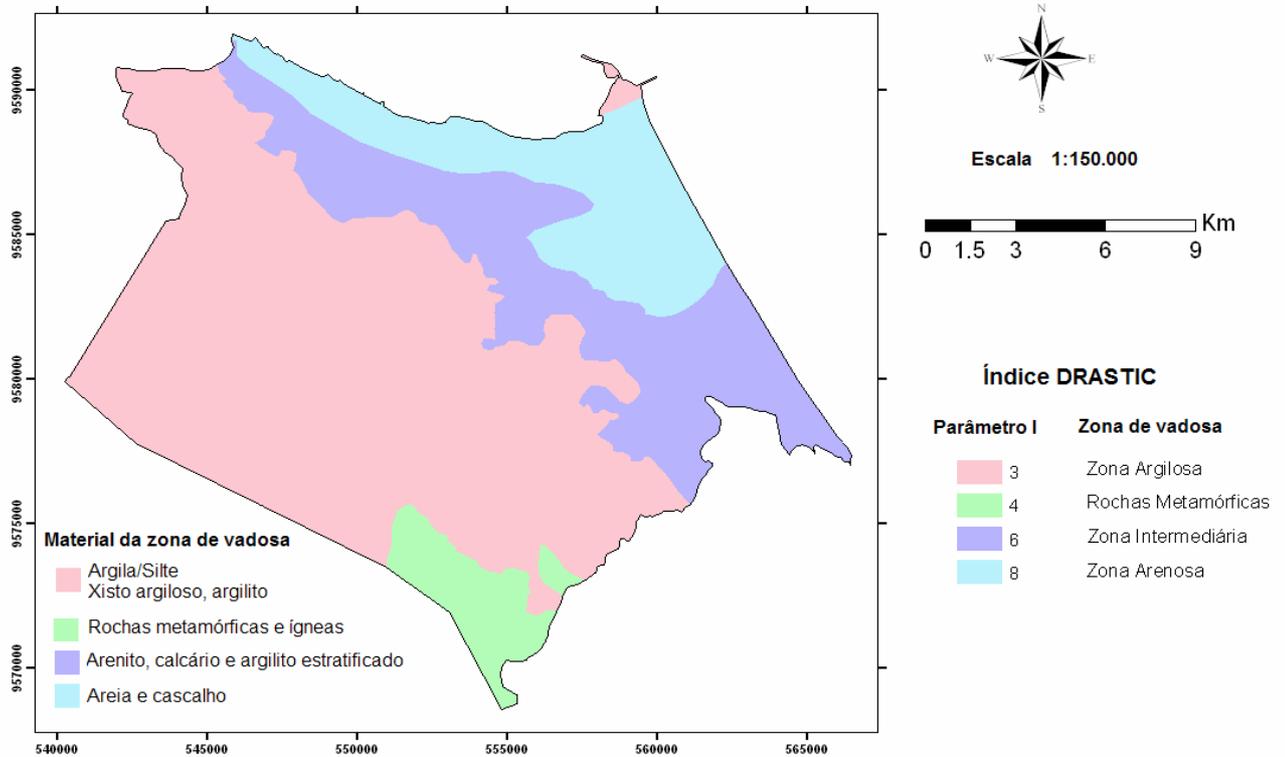


Figura 21 – Mapa de caracterização do parâmetro I: impacto da zona vadosa do Município de Fortaleza
Fonte: Triagem de 200 furos de sondagem (OLIVEIRA; ABREU, 2006), mapa elaborado pela autora, 2008

A Figura 21 apresenta quatro áreas com índices diferentes de vulnerabilidade à contaminação, a maior área pertence a zona argilosa com valor de vulnerabilidade três indicando uma menor vulnerabilidade, devido a argila reter a água diminuindo a permeabilidade. A área ao sul do Município também possui pouca vulnerabilidade, mas ao norte já se percebe uma área intermediária com índice seis de vulnerabilidade e outra com o índice maior, atingindo o valor oito.

C – Condutividade Hidráulica

Os valores de condutividade hidráulica obtidos para dunas são 273,02 m/d, para sedimento 3,23 m/d e para cristalino 0,51 m/d. Verifica-se que dois valores estão abaixo de 4,1 m/d, assumindo então o índice um, e que o terceiro valor (dunas) está acima de 81,5 m/d, pertencendo ao índice dez. No caso, quanto maior o valor da condutividade hidráulica maior a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, por ser maior a velocidade de mobilidade do contaminante.

Essa variação nos valores de condutividade, visualizada na Figura 22, mostra-se coerente com a litologia do aquífero da área de estudo (Figura 18), mapa de caracterização do material do aquífero. Nos sedimentos e rochas sedimentares, apesar de pertencerem ao índice um, o valor de condutividade já está mais próximo do limite do intervalo. E as dunas e paleodunas, que possuem os índices elevados de porosidade, pertencem ao maior índice DRASTIC do Quadro 11, o índice dez.

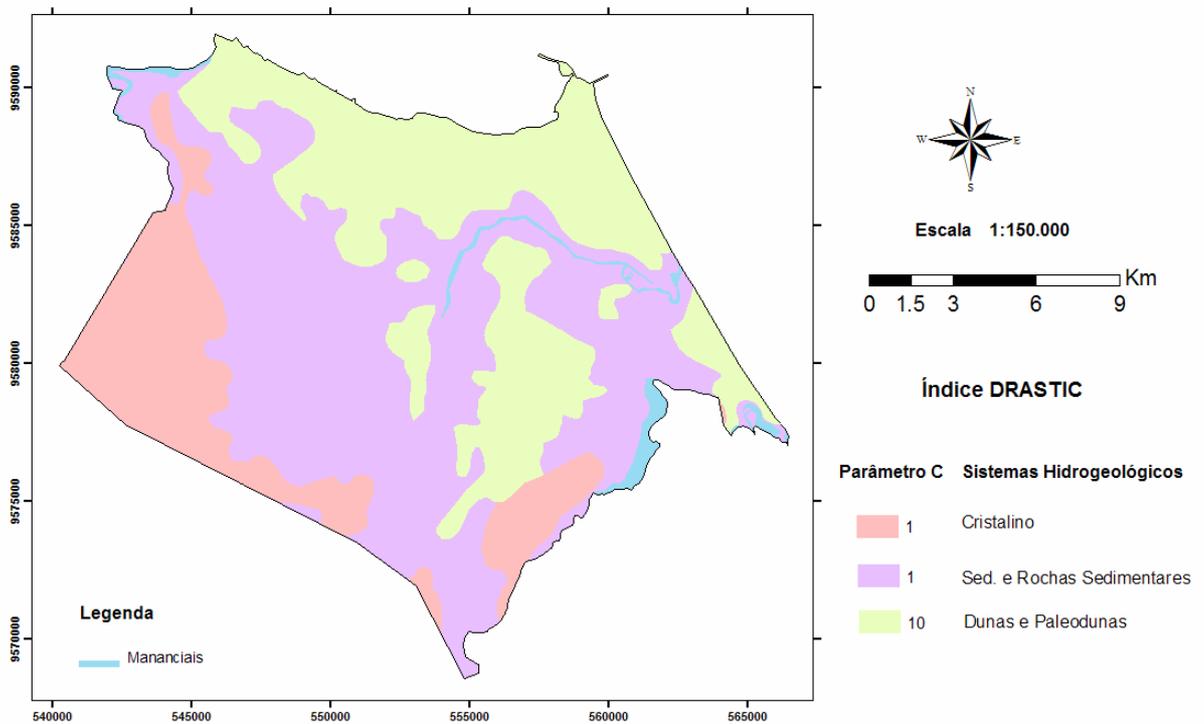


Figura 22 - Mapa de caracterização do parâmetro C: condutividade hidráulica do aquífero do Município de Fortaleza

Fonte: Média para dunas (2), sedimento (6) e cristalino (2) (OLIVEIRA; ABREU, 2006), mapa elaborado pela autora, 2008

Na Figura 22 pode-se visualizar três áreas com valores de condutividade hidráulica diferentes para cada aquífero, mas duas delas pertencem ao mesmo intervalo, que possui como índice de vulnerabilidade valor um, indicando uma menor susceptibilidade à contaminação. Diferentemente da área de dunas e paleodunas que possui o maior índice de vulnerabilidade.

6.3.2 Avaliação da vulnerabilidade do aquífero

A Tabela 20 demonstra o cálculo do índice de avaliação de cada parâmetro multiplicado pelo seu peso para obtenção do índice final de vulnerabilidade.

Tabela 20 – Dados de cálculos dos sete parâmetros DRASTIC para sua integralização

		Profundidade do lençol freático (D)	
Profundidade (m)		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 5)
	< 1,5	10	50
	1,5 - 4,6	9	45
	4,6 - 9,1	7	35
	9,1 - 15,2	5	25
	15,2 - 22,9	3	15
	22,9 - 30,5	2	10
	> 30,5	1	5
		Recarga (R)	
Faixa mm/ano		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 4)
	65 - 102	3	12
	102 - 145	6	24
		Material do aquífero (A)	
Litologia		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 3)
	Cristalino	3	9
	Sedimento e Rochas sedimentares	5	15
	Dunas e paleodunas	8	24
		Tipo de solo (S)	
Tipo de solo		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 2)
	Areias quartzosas	9	18
	Latossolo	6	12
	Planossolo	4	8
		Topografia (T)	
Declividade (%)		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 1)
	< 2	10	10
	2 - 6	9	9
		Impacto da zona de vadosa (I)	
Material da zona de vadosa		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 5)
	Zona argilosa	3	15
	Zona intermediária	6	30
	Rochas metamórficas	4	20
	Zona arenosa	8	40
		Condutividade hidráulica (C)	
Intervalo de condutividade hidráulica m/d		Índ de avaliação	índice DRASTIC (x 3)
	< 4,1	1	3
	>81,5	10	30

Fonte: Autora (2008)

Os mapas de vulnerabilidade foram gerados a partir da integralização dos dados demonstrados na Tabela 20. Através do software ArcView 3.2, foi gerado um banco de dados georeferenciados, resultante da sobreposição dos sete mapas DRASTIC. Cada linha da planilha corresponde ao somatório dos valores de cada parâmetro após a multiplicação pelo índice (peso) do DRASTIC.

Tabela 21 – Demonstrativo do nível de importância dos parâmetros DRASTIC para o Município de Fortaleza

	D	R	A	S	T	I	C
Mínimo	1	3	3	4	9	3	1
Máximo	10	6	8	9	10	8	10
Média	6	5	6	7	10	6	6
CV(%)	50	40	50	42	10	33	100

Fonte: Autora, 2008

Legenda: CV – coeficiente de variação

Observando a Tabela 21, verifica-se que o maior risco de contaminação para o aquífero da área de estudo, está associado ao parâmetro (T), que obteve a média dez, seguido do tipo de solo (S), com média sete. A profundidade do lençol freático (D), o material do aquífero (A), o impacto da zona vadosa (I) e a condutividade hidráulica (C), estão no mesmo nível de importância, em um risco de contaminação moderado com média seis. Quem está no nível de risco de médio a baixo é a recarga (R), com média cinco.

Com relação ao coeficiente de variação (CV%), a condutividade hidráulica é muito variável, com coeficiente 100%. A profundidade do lençol freático e o material do aquífero possuem um nível moderado de variação, com coeficiente 50%, enquanto que o tipo de solo, a recarga e o material da zona vadosa, baixam seus coeficientes, para 42, 40 e 33% respectivamente. Variação muito baixa para a área estudada pode-se notar no parâmetro relativo à declividade, com coeficiente de 10%.

A partir do mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC com fontes de águas envasadas do Município de Fortaleza (Figura 23) pode-se obter boas indicações das áreas onde existem maior probabilidade de contaminação.

Este mapa mostra que o índice para o Município de Fortaleza variou de 90 a 196. Esse intervalo foi dividido em seis classes de vulnerabilidade: insignificante, muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta, discriminadas na Figura 23. A classe de vulnerabilidade muito baixa representa a maior classe de vulnerabilidade do Município. Os parâmetros material do

aqüífero, tipo de solo, impacto da zona vadosa e condutividade colaboraram para minimizar o risco de contaminação da água subterrânea. Visto se tratar de uma zona formada por rochas metamórficas e sedimentares, com a presença de silte e argila, logo com pouca porosidade e permeabilidade e conseqüentemente menor capacidade de infiltração, como também menor condutividade; dificulta uma possível infiltração de líquidos potencialmente contaminantes.

Ao se calcular a média na Tabela 21, obteve-se um resultado de importância para o parâmetro da profundidade do lençol freático diferente do que se encontra no mapa (Figura 23), devido a uma falha da média quando calculada com valores muito distantes.

A classe de vulnerabilidade insignificante é a de menor representatividade, encontra-se distribuída na parte central da área de estudo e tem como parâmetro determinante a profundidade do lençol freático, que se encontra entre 9,1 a 15,2 m.

A classe de vulnerabilidade baixa aparece espalhada pela área estudada, o impacto da zona vadosa e a condutividade determinam uma menor atenuação de risco de poluição por fazer parte de uma zona intermediária, com presença de arenito e localizar-se em terreno de dunas e paleodunas, ou em suas limitações.

Áreas que apresentam vulnerabilidade moderada geralmente estão associadas às rochas sedimentares, baixa permeabilidade, mas com condutividade intermediária. Na região de dunas, na qual há uma maior permeabilidade, a classe de vulnerabilidade moderada está associada com uma profundidade maior do lençol freático, podendo ser influenciada também em função do relevo topográfico.

A área mais susceptível à contaminação situa-se na porção norte do Município de Fortaleza, devido à sua alta porosidade e permeabilidade, que facilitam a infiltração de poluentes. É representada pelas unidades sedimentares dunas e paleodunas, nas quais estão a classe de vulnerabilidade alta e muito alta. As áreas de vulnerabilidade alta situam-se principalmente junto ao litoral e junto às porções arenosas das aluviões e as de vulnerabilidade muito alta em locais onde a profundidade do lençol freático é rasa, associada a terrenos arenosos, com condutividade hidráulica elevada.

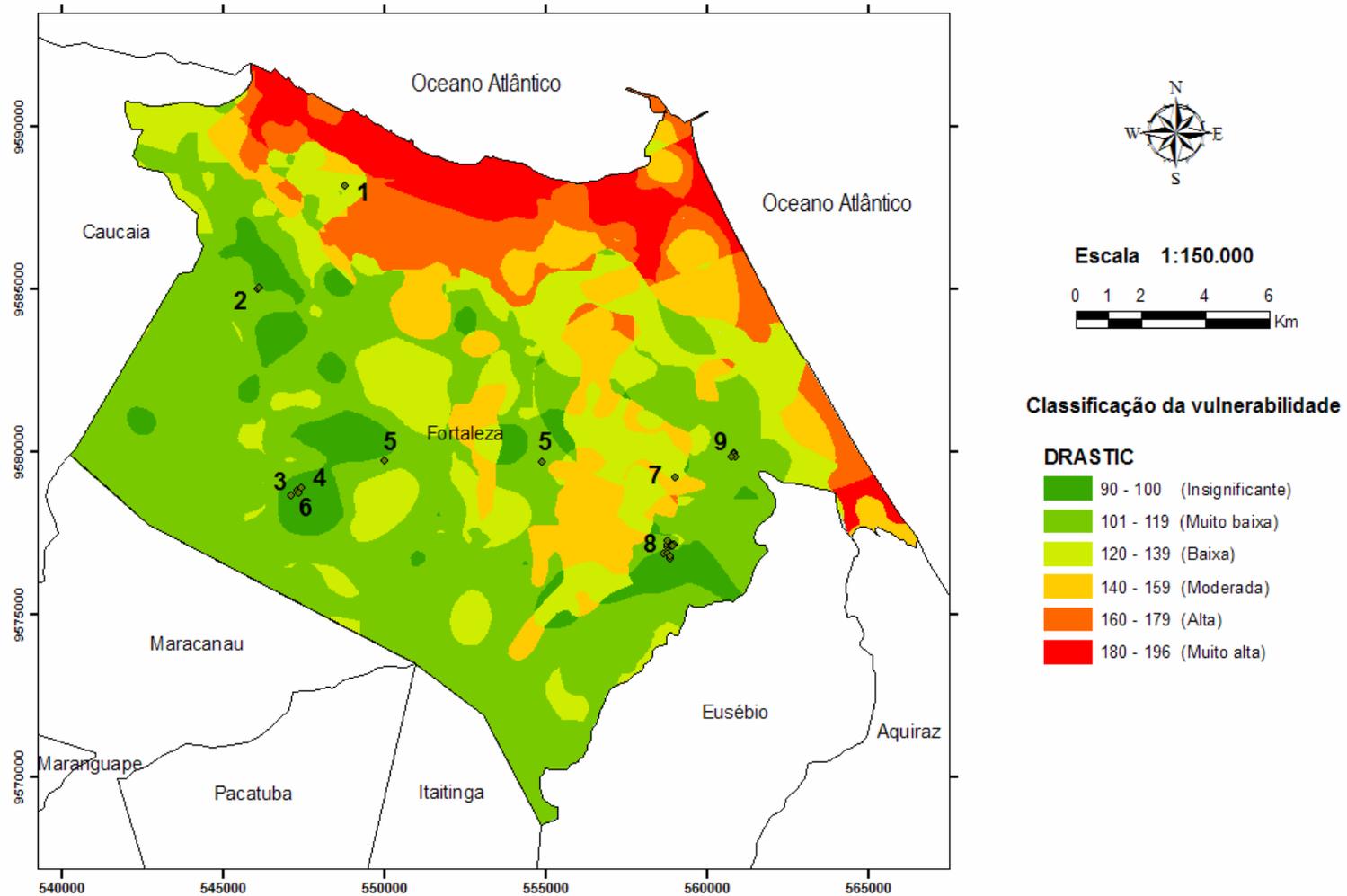


Figura 23 - Mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC com fontes de águas envasadas do Município de Fortaleza
 Fonte: Sobreposição dos sete mapas de caracterização de cada parâmetro DRASTIC, mapa elaborado pela autora, 2008

O mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC (Figura 23), mostra que a maior área do Município de Fortaleza foi classificada como de vulnerabilidade muito baixa, o que faz crer que o risco de contaminação da água subterrânea é atenuado pelas especificidades do meio.

No mapa de vulnerabilidade (Figura 23) encontram-se nove pontos de fontes de águas envasadas em Fortaleza. Sabe-se que há uma quantidade bem maior de marcas d'água extraídas e comercializadas nesse Município. Essas são as que se teve acesso às suas coordenadas geográficas, possibilitando a sua localização no mapa. Observa-se na legenda, que a fonte de número três, quatro e seis estão inseridas em uma zona de vulnerabilidade insignificante; a cinco e a nove estão em uma área de muito baixa vulnerabilidade; a um e sete localizam-se na classe de baixa vulnerabilidade e a dois e a oito pertencem a área de transição entre vulnerabilidade insignificante e muito baixa.

Percebe-se que o mapa de vulnerabilidade DRASTIC pode ser simplificado em três regiões: zona de alta vulnerabilidade, representando 18% da área do Município; zona intermediária de vulnerabilidade, representando 40% da área do Município e zona de baixa vulnerabilidade, representando 42% da área do Município como se observa na Figura 24. Na zona de alta vulnerabilidade, não há nenhuma fonte; na zona intermediária, há as fontes de número um e sete. E na zona de baixa vulnerabilidade, estão as fontes de número dois, três, quatro, cinco, seis, oito e nove.

Apesar de as fontes de águas envasadas aqui pontuadas estarem majoritariamente em zona de baixa vulnerabilidade, não significa que estejam sem risco de poluição, pois isso depende de outros fatores. A cidade de Fortaleza, como meio urbano, possui muitas fontes de contaminantes dispersas em todo o Município. São indústrias com diversas características, postos de estocagem e abastecimento de combustíveis, cemitérios, lixões, fossas sanitárias e sumidouros, poços mal locados, construídos ou utilizados de forma pouco adequada, esgotos domésticos e por vezes industrial lançados a céu aberto, lagoas de estabilização e poluentes gerados pela queima de combustíveis de veículos que se incorporam à água subterrânea através da precipitação e da recarga (Foto 40).

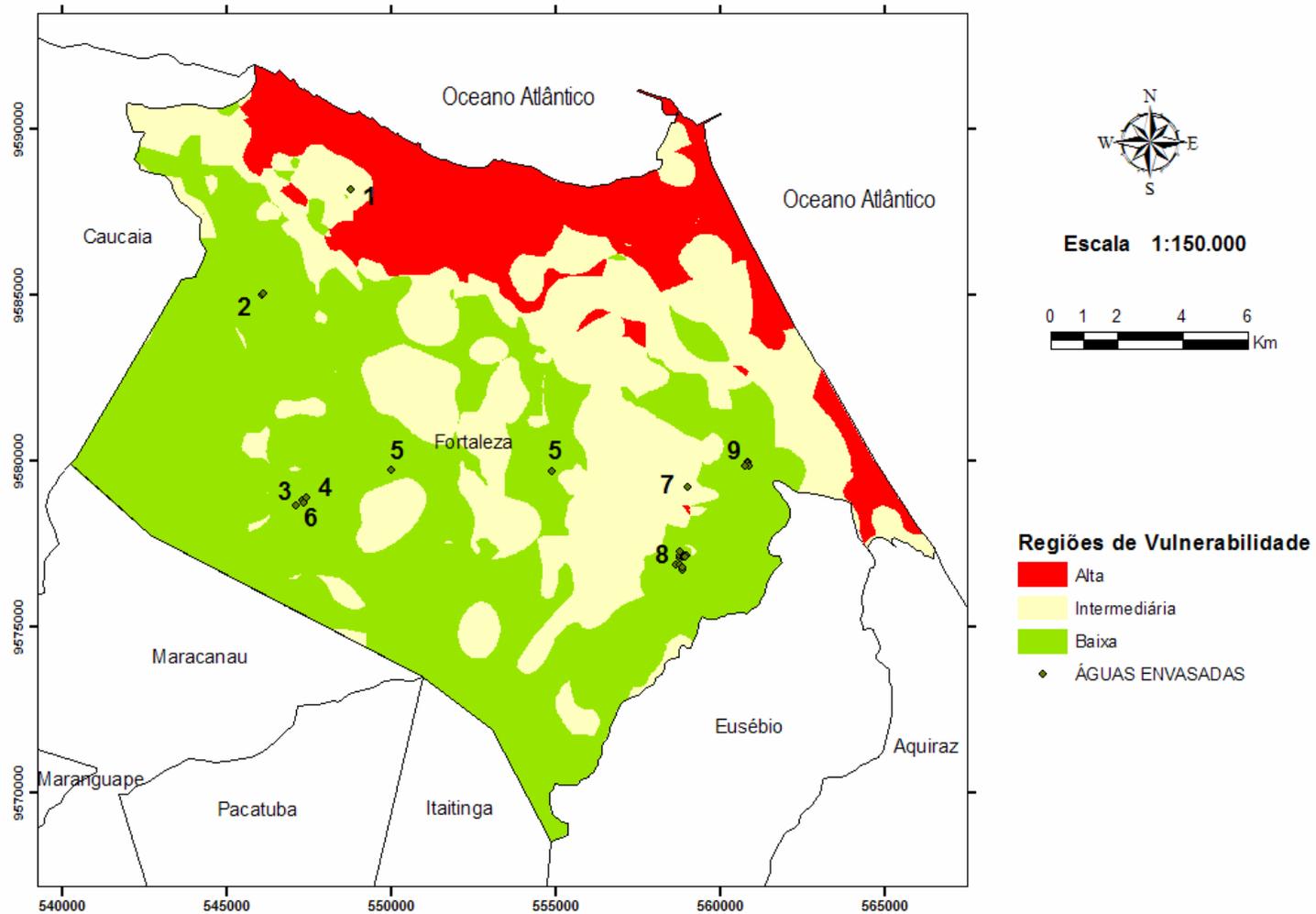


Figura 24 – Mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC com fontes de águas envasadas do Município de Fortaleza simplificado em três regiões
 Fonte: Mapa de vulnerabilidade do índice DRASTIC com fontes de águas envasadas do Município de Fortaleza, mapa elaborado pela autora, 2008



Foto 40 - Aterro Sanitário do Jangurussu (Fortaleza-CE)
Fonte: (QUESADO JÚNIOR, 2001)

Mesmo com baixa vulnerabilidade, uma cidade com essas condições de cuidado ambiental, conforme Foto 41, com esse padrão de saneamento e uso e ocupação do solo (Foto 42), com tudo isso é questão de tempo o aquífero ficar poluído e comprometer a atividade produtora de água envasada.



Foto 41 - Lagoa do Porangabussu com processo de eutrofização (Fortaleza-CE)
Fonte: (QUESADO JÚNIOR, 2001)



Foto 42 – Ocupação desordenada Morro Sta Terezinha (Fortaleza-CE)
Fonte: (QUESADO JÚNIOR, 2001)

Observa-se na orla marítima a invasão de barracas de praia, submetendo as dunas e paleodunas às ações antrópicas (Foto 43), como também facilitando o aumento da cunha salina, pelos efeitos de bombeamento dos poços, fato já constatado pela existência de salinidade em alguns poços localizados na Beira-Mar.



Foto 43 – Paleodunas – Praia do Futuro (Fortaleza-CE)
Fonte: (QUESADO JÚNIOR, 2001)

Há ainda outras agressões antropogênicas a que os aquíferos são submetidos, tais como excesso de pavimentação asfáltica nas vias, que impermeabiliza o solo e afeta os padrões de recarga, rebaixamento do lençol freático para construção de fundações em obras de construção civil e rebaixamento através de super explorações em poços tubulares voltados ao consumo humano. Tudo isso está em expansão, devido ao crescimento populacional e ao incremento da indústria do turismo, agravando o balanço hídrico e ocasionando o avanço da cunha salina próximo ao litoral.

As águas de recarga também sofrem com a ação antrópica em Fortaleza, o rio Cocó (Foto 44) totalmente poluído, recebe influência de marés até 13 Km de sua foz. É o principal recurso hídrico do Município e atravessa toda a cidade levando suas águas contaminadas. O rio e aquífero podem estar conectados hidráulicamente, então o rio poluído poderá afetar os aquíferos como demonstraram Ribeiro Lima et al (2007), com a interação num sistema rio-aquífero.



Foto 44 – Rio Cocó – Av. Sebastião Abreu (Fortaleza-CE)
Fonte: (QUESADO JÚNIOR, 2001)

O método analisado DRASTIC associado às técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) geram o mapeamento de vulnerabilidade bastante útil para orientar as políticas de gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos, como também, no planejamento de uso e ocupação do solo.

7 CONCLUSÕES

Em Fortaleza existem apenas duas marcas de águas minerais: Indaiá e Naturágua e 11 AAS. O que existe é um número excessivo de marcas clandestinas de água mineral, que não obedecem aos padrões de envase.

De acordo com a legislação poderia dizer que a qualidade da água envasada em Fortaleza está dentro do limite aceitável, daquele que separa a qualidade satisfatória da qualidade marginal do produto, mas não do desejável. Deve-se observar que a contaminação não necessariamente provém da fonte, mas, pode acontecer no processo de industrialização (instalações, equipamentos, processamento, armazenamento de embalagens, estocagem, expedição, transporte e rastreabilidade no mercado).

Ao se verificar a sustentabilidade financeira da atividade produtora de água envasada percebeu-se que o custo de investimento mais significativo é o relativo ao parque industrial de envase, observando-se que entre esse custo o mais representativo é o que se refere ao maquinário. Em relação aos custos de OAM, o mais significativo continua na atividade de envase, contribuindo com os custos na quase totalidade, com 99,55%. Entre as quatro despesas que formam o custo de OAM da atividade de envase as que têm peso maior são as despesas comerciais, as quais representam 44% do custo, assumindo o segundo lugar as despesas tributárias com 39%.

Conclui-se que o peso maior entre os custos é o dos custos de OAM, representando 90,98% do total, restando apenas a parcela de 9,01% para o custo de investimento. Como o custo total da atividade por vasilhame é de R\$ 1,36, e visto que o preço de venda por vasilhame de 20 litros é muito superior, variando de R\$3,00 a R\$5,50, pode-se afirmar que há sustentabilidade financeira para a atividade de produção de água envasada. É, portanto, preciso levantar a questão de que se pode ter uma água de qualidade a um custo baixo. O poder público poderia ofertar serviço de água envasada a preços próximos aos de custo, a um preço menor do que o de mercado.

Através do índice de vulnerabilidade DRASTIC, o Município de Fortaleza divide-se em seis regiões de vulnerabilidade. Conclui-se que as fontes das águas envasadas analisadas nessa pesquisa encontram-se em áreas de vulnerabilidade variando de baixa a insignificante. As seis regiões podem ser condensadas em três áreas homogêneas: de alta, intermediária e baixa vulnerabilidade. Com base neste novo mapeamento das nove fontes analisadas, sete pertencem à área de baixa vulnerabilidade, apenas duas estão localizadas na região

intermediária. Isso é muito positivo para a qualidade da água, mas não significa que não haja risco de poluição, diante do cenário da cidade de Fortaleza.

As águas subterrâneas do Município de Fortaleza estão submetidas aos impactos antrópicos negativos de poluição, uso e ocupação irregular e sem restrição do espaço físico, ausência de saneamento básico, águas superficiais poluídas, além de captação desordenada e sem critério técnico do sistema de bombeamento e da distância entre poços, o que resulta no comprometimento gradativo do sistema aquífero. A orla costeira inserida na área de extrema vulnerabilidade está submetida a ações antrópicas de elevado risco de poluição.

Ao se identificar critérios de sustentabilidade ambiental não se pode esquecer da recarga, esta é um fator de grande importância para a sustentabilidade e está diretamente ligada às reservas de água, e conseqüentemente a quantidade que se poderá explorar. Para que haja a sustentabilidade do aquífero, deve-se retirar menos do que é recarregado, não se pode retirar mais do que a reserva de exploração. As reservas exploráveis não podem nunca exceder os valores efetivos das reservas renováveis.

A exploração da água subterrânea em Fortaleza não deveria exceder a 7,4% da precipitação média anual, porque este é o percentual de recarga do Município.

Conclui-se que a atividade de produção de água envasada poderá acontecer sem ocasionar grandes impactos negativos ao meio ambiente. O que é preciso é ter uma política de preservação, visto que a exploração da água envasada é a exploração de água subterrânea, observando-se sempre a variável recarga.

8 RECOMENDAÇÕES

Faz-se necessária a unificação de um cadastro de poços atualizado, com dados hidrogeológicos de todo o Município de Fortaleza, com o intuito de facilitar pesquisas relativas à água subterrânea;

É preciso preservar os mananciais quanto aos aspectos quantitativo e qualitativo, delimitando as áreas de proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

Deve-se ter um cuidado muito especial na construção de poços tubulares, utilizar de critérios e conhecimento técnico para a perfuração, visto que o poço pode ser um risco potencial de condutor de cargas poluentes;

Atentar para a ocorrência de bombeamento excessivo do lençol freático, pois se constitui um grave problema, a captação poderá estar acima da capacidade de recarga, além de produzir um rebaixamento em suas vizinhanças afetando a produção de água nos demais;

Necessita-se de melhor conhecimento hidrogeológico dos mananciais, com o objetivo de dimensionar corretamente a atividade de exploração de água mineral;

Recomenda-se utilizar mapas de vulnerabilidade de aquíferos para determinar processos de ocupação e atividades, inclusive visualizando áreas de recarga;

Recomenda-se que o DNPM e a Secretaria de Saúde (Vigilância Sanitária) façam o acompanhamento e monitoramento quanto às fontes poluidoras nas áreas de captação e nos seus entornos;

Deve-se periodicamente fazer análises químicas, físico-químicas e bacteriológicas das águas envasadas, através dos órgãos fiscalizadores, para se ter um controle de qualidade;

Necessita-se de divulgação para o consumidor da diferença entre os tipos de águas envasadas comercializadas, destacando-a por exemplo na diferenciação de cor de rótulo ou de garrafa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFIERI, Alessandra; DI MATTEO, Ilaria. Contas ambientais para recursos hídricos. In: ROMEIRO, Ademar Ribeiro (Org.). **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas, SP: UNICAMP, São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004. cap 19, p. 352–385, 399 p.

ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHER, J. H.; PETTY, R. J. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. **US EPA Report** 600/2 – 85/018 Ada, Oklahoma, 1987

ALMEIDA, Gleby Aparecida de. Substâncias químicas hormonalmente ativas no ambiente aquático. In: DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, R. Arnaldo (Orgs.). **Administrando a água como se fosse importante** – gestão ambiental e sustentabilidade. São Paulo: Senac São Paulo 2005. parte 3, p. 235-241.

AMBIENTE Brasil. **Águas minerais**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/mineral/index.html&conteudo=./agua/mineral/artigos.htm>> Acesso em: 21 jan. 2007

ANDRADE, M. C. **O desafio ecológico: utopia e realidade**. São Paulo: Hucitec, 1994.

ARAÚJO, José Amaury de Aragão (Coord.) **Barragens no Nordeste do Brasil: experiência do DNOCS em barragens na região semi-árida**. 2. ed. Fortaleza: DNOCS, 1990. 328 p.

ARAÚJO, J.C. **Riscos de eutrofização de pequenos açudes no semi-árido**. In: V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 5, 2000, NATAL – RN. Anais ... Natal- RN: ABRH, 2000. p. 214 – 221.

_____, J. C.; MOLINAS, P. A.; JOCA, E. L. L.; BEMFEITO, C. J. S.; BELO, P. S. C. Custo de disponibilização e distribuição da água por diversas fontes no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 281 - 307, abr-jun. 2005.

ATLAS digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Sistema de informações geográficas – SIG. **Mapas na escala 1:500.000**. CPRM. 2003. 1 CD. Windows.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normalização da documentação no Brasil**. Rio de Janeiro:[1988-2005]

BABIKER, I. S.; MOHAMED, M. A. A.; HIYAMA, T.; KATO, K. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan. **Science of the Total Environment**, v. 345, p. 27–140, 2005.

BARBOSA, C. P. **Avaliação dos Custos de Água Subterrânea e de Reúso de Efluentes no Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Recursos Hídricos - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

BARRETO, Francisco Maurício de Sá. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no município de Tianguá, Ceará**. Fortaleza: 2006. 166 f. Tese (Doutorado) – Centro de tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

BELLEN, Hans Michael van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2007.

BOFF, Leonardo. **Sociedade de sustentação da vida**. 2006. Disponível em: <<http://www.adital.org.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=20927.htm>>. Acesso em: 18 mar. 2008.

BRAGA, Fuad Moura Guimarães; ARAÚJO, J. C.; SALES, M. V.; NASCIMENTO, R. F.; PÁDUA, V. L. **Diagnóstico da ocorrência de trihalometanos (THMS) na rede de abastecimento de água de Fortaleza – Ce, Brasil**. In: XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2004, San Juan - Puerto Rico. XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2004.

BRANDÃO, R. L. **Projeto SINFOR: Sistema de informações para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza**. Informações básicas para gestão territorial. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, v. 1, 1998. 109 p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Seção I, p. 470, 09 jan. 1997.

_____. **Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967**. Código de Mineração. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas).

_____. Ministério da Saúde. **Decreto-Lei nº 7.841, de 8 de agosto de 1945**. Código de Águas Minerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 ago. 1945.

_____. **Decreto-Lei nº 62.934 de 2 de julho de 1968.** Aprova o regulamento do código de Mineração. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 jul. 1968.

_____. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 26, de 13 de agosto de 1976.** Aplicada pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) na regulamentação da potabilidade das águas envasadas.

_____. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 274, de 22 de setembro de 2005.** Dispõe sobre o regulamento técnico para águas envasadas e gelo.

_____. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 275, de 22 de setembro de 2005.** Dispõe sobre o regulamento técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.** Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de mar. Seção 1.

BRINGHENTI, Cassiano. **Uma metodologia de levantamento, cálculo e análise de preços aplicada no setor de bebidas brasileiro.** Florianópolis: 2005. 114 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em engenharia de produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CABRAL, Jaime. Movimento das águas subterrâneas. In: FEITOSA, Fernando A.C. (Coord.); MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 2. reimp. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. cap. 3, p. 35-52, 391 p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M. de; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J. A.; GARRIDO, J. C. P. **Handling complexity in GIS interface design.** In: I WORKSHOP BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA. 1999, Campinas, SP. Anais... Campinas, SP; 1999.

CAMARGO, A. L. de Brasil. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios.** Campinas (SP): Papyrus, 2003. 160 p.

CAVALCANTE, José Carlos. **Custos na pequena indústria.** São Paulo: SEBRAE/SP, 2003.

CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza Estado do Ceará.** São Paulo: 1998. 156 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CAVALCANTI, C. Sustentabilidade da economia: paradigmas alternativos de realização econômica. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.** São Paulo: Cortez; Recife – PE: Fundação Joaquim Nabuco. Parte I, cap. 9, p. 153-74, 1995.

CHACON, Suely Salgueiro. **O sertanejo e o caminho das águas: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semi-árido.** Fortaleza: BNB, 2007. 354 p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21.** 3. ed. Brasília, DF: Senado Federal, 2001.

CORSON, Walter H.. **Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente.** 4. ed. São Paulo: Augustus, 2002.

COSTA, Antônio Fernando Gomes da. **Guia para elaboração de monografias** – relatórios de pesquisa: trabalhos acadêmicos, trabalhos de iniciação científica, dissertações, teses e editoração de livros. 3. ed. rev. aum. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

COSTA, W. **Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido Nordeste.** Brasília: Projeto ÁRIDAS – RH, SEPLAN/PR, 1994.

COSTA, Waldir Duarte. Uso e gestão de água subterrânea. In: FEITOSA, Fernando A.C. (Coord.); MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 2. reimp. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. cap. 14, p. 341-367, 391 p.

COSTANZA, Robert. **Economia ecológica: criando uma ciência transdisciplinar.** Disponível em: <<http://www.earthscope.org/p3/may/may08.html>>. Acesso em: 05 jun. 2006.

DA SILVA, Antônio Heleno; OLIVEIRA FILHO, Péricles Negromonte. **Praticando custos e preços na MPE.** Recife: SEBRAE/PE, 2000.

DA SILVA, Demetrius David (Ed); PRUSKI, Fernando Falco (Ed). **Gestão dos recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

DA SILVA, Sebastião Milton Pinheiro. **A distribuição espacial das reservas hídricas subterrâneas do Nordeste e a transposição do rio São Francisco.** In: V SIMPÓSIO DE

RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 5, 2000, NATAL – RN. Anais ... Natal- RN: ABRH, 2000. p. 47 – 55.

DE MATOS, et al. **Comece certo**: comércio de água mineral. São Paulo: SEBRAE/SP, 2005.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Negócios**. Consumo de água mineral deve dobrar. Fortaleza, 08 set. 2007. Disponível em: <http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=468326/>. Acesso em: 26 maio 2008.

DIEGUES, A.C.S. Desenvolvimento sustentado, gerenciamento geoambiental e o de recursos naturais. **Cadernos FUNCAP**, ano 9, n.16, p. 33-45, jun. 1989.

DNPM. **Plano diretor de mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza**. Série difusão tecnológica. Brasília: DNPM/CPRM, n. 7, 1998. 191 p.

ELLIOTT, J.A. **An introduction to sustainable development**. Nova York: Routledge, 1994.

FEITOSA, Edilton Carneiro. Programa de água subterrânea para a região Nordeste. **A exploração do aquífero Açú na região de Mossoró, RN** – caracterização da situação atual e perspectivas de atendimento da demanda futura. Brasília: CPRM, 1996.

_____. Pesquisa de água subterrânea. In: FEITOSA, Fernando A.C. (Coord.); MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. reimp. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. cap. 4, p. 53-80, 391 p.

FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C.; LEME, A.A. **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carlos: Rima, 2001.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal. **Síntese diagnóstica do Município de Fortaleza**. 1998. 131 p.

FÓRUM DA SOCIEDADE CIVIL CEARENSE SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Diagnóstico sócio-ambiental do estado do Ceará**: o olhar da sociedade civil. Fortaleza: BNB, 1993. 200 p.

FOSTER, S. S. D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: LOBO-FERREIRA, J. P. C. **Vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas**: fundamentos e conceitos para uma melhor gestão e proteção dos aquíferos de Portugal. IV Congresso da Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Lisboa, 1987.

FRISCHKORN, Horst; HORN, Peter; SANTIAGO, M. M. F.; MENDONÇA, L. A. R. **Origem da água no lençol de Fortaleza.** In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2002, Florianópolis. Anais... São Paulo: ABAS, 2002. p. 1-17.

FUNCEME. Postos pluviométricos. **Monitoramento hidroambiental.** Download de séries históricas. Disponível em: <<http://www.funceme.br/DEPAM/download/postos/363.txt>> Acesso em: 25 fev. 2008.

FURTADO, C. **Teoria e política do desenvolvimento econômico.** 5. ed. rev. amp. São Paulo: Editora Nacional, 1974.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GOLDER-PIVOT. **Projeto de monitoramento:** gestão de água subterrânea de micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza. Relatório final do projeto. Modelo hidrogeológico da RMF e potencial hídrico subterrâneo das micro-áreas estratégicas. Fortaleza: CPRM, v. 6, 2006. 97 p.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 652 p.

IBGE. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 23 maio 2008

ÍNDICE GERAL DE PREÇOS (IGP10). Disponível em: <<http://www.fgvdados.fgv.br.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

IWRA – Internacional Water Resources Association. World – wide increases in cost of water supply. **IWRA Update Newsletter**, v. 1, n. 3, jul. 2001.

LEFF, E. **Saber ambiental:** sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução: Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis-RJ: Vozes, 2001.

LEITÃO, T. E.; FERREIRA, J. P. L.; OLIVEIRA, M. M.; MOINANTE, M. J. Poluição de águas subterrâneas: principais problemas, processos de prevenção e de reabilitação. In: SIMPÓSIO DE HIDRAÚLICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 6., 2003, Cabo Verde. **Proceedings...** Cabo Verde. 2003. p. 78 - 81.

LEITE BARBOSA, Arnaldo Parente. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UECE, 2001. 462 p.

LEITE, C. E. S.; MÖBUS, G. **Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da região de rochas sedimentares da bacia do Rio Mundaú – Ceará.** In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 1998, São Paulo. Anais... São Paulo; 1998. p. 33-45.

LIMA, Henrique Vieira Costa; LIMA, Luciana C. T. M.; LIMA, Fco. P. F. **Desenvolvimento sustentável, através de gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido.** In: V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 5, 2000, NATAL – RN. Anais ... Natal- RN: ABRH, 2000. p. 413 – 420.

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Departamento de Hidráulica, Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas. **Cartografia da vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas do Concelho de Montemor-O-Novo utilizando o método DRASTIC.** Lisboa, 2002. 53 p.

LUCHINI, Adriana de Mello. **A gestão da água nos diversos estados do Brasil.** In: V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 5, 2000, NATAL – RN. Anais ... Natal- RN: ABRH, 2000. p. 428 – 435.

MAGALHÃES, Antônio Rocha. Um estudo de desenvolvimento sustentável do Nordeste semi-árido. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.** São Paulo: Cortez; Recife – PE: Fundação Joaquim Nabuco. Parte III, cap. 21, p. 417- 429, 1995.

MANOEL FILHO, João. Água subterrânea: histórico e importância. In: FEITOSA, Fernando A.C. (Coord.); MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 2. reimp. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000a. cap. 1, p. 3-12, 391 p.

_____. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, Fernando A.C. (Coord.); MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 2. reimp. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000b. cap. 2, p. 13-33, 391 p.

MELO, Ana Cristina et al. **Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará.** Fortaleza: 2007.

MERICO, Luiz Fernando Krieger. **Introdução à economia ecológica.** Blumenau: Editora da FURB, 1996.

MORAIS, João Bosco Andrade de et al. **Projeto Fortaleza: hidrogeologia e controle tecnológico nas perfurações de poços tubulares no Município de Fortaleza –Ce.** Fortaleza: DNPM/CPRM, v. 1, 1984. 88 p.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MOURÃO, A. F. de L. Duarte. **Água adicionada de sais**: avaliação da regulamentação e sua relação com a política de defesa do consumidor. Fortaleza: 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento e Políticas Públicas) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

OLIVEIRA, Carlos Eduardo Santos de; ABREU, Luiz Henrique Pinto de. **Cartografia digital aplicada ao estudo da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos do Município de Fortaleza – Ce**. Fortaleza: 2006. 103 f. Relatório de graduação (geologia) – Centro de Ciências, Departamento de geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

OLIVEIRA, Moisés Almeida de. **Eutrofização antrópica**: aspectos ecológicos e uma nova abordagem para modelagem da cadeia trófica pelágica em reservatórios tropicais de pequena profundidade. Fortaleza: 2001. 227 f. Tese (Doutorado) – Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

PARALTA, E. A.; FRANCÉS, A. P.; RIBEIRO, I.F. Avaliação da vulnerabilidade do sistema aquífero dos Gabros de Beja e análise crítica das redes de monitorização no contexto da directiva quadro a água. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 7, 2005, Évora. **Proceedings...** Évora. 2005. p. 1-16.

PARALTA, E. A.; FRANCÉS, A. P.; SARMENTO, P. A. **Caracterização hidrogeológica e avaliação da vulnerabilidade à poluição agrícola do aquífero mio-pliocénico da região de Canhestros (Alentejo)**. 6º Congresso da água. Lisboa, 2003.

PINHEIRO, Maria Inês Teixeira. **Tipologia de conflitos de usos das águas**: estudos de casos no estado do Ceará: 2002. 116 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

PIRES, Antonio Carlos Rabelo. **Água mineral**: análise de um empreendimento. Recife: SEBRAE/PE, 2000.

PORCEL, José Wilson Guimarães. **Pré-projeto**: água mineral. Serra Negra - SP, 2008.

PRADO, Marcelo Real. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e PET utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil**. Curitiba: 2007. 172 f. Tese (Doutorado) – Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia da Universidade do Paraná, Curitiba, 2007.

PUERARI, Edenise Mônica. **Vulnerabilidade de aquíferos à contaminação por derivados de petróleo**. Fortaleza: 2005. 244 f. Tese (Doutorado) - Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

QUESADO JÚNIOR, Napoleão. **Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará**. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado na área de concentração em hidrogeologia) – Centro de Ciências, Departamento de geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**. São Paulo: v.11, nº 29, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100007&Ing=en&nrm=iso. Acesso em: 29 ago. 2006

_____. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Academia Brasileira de Ciências, Inst. Estudos Avançados/USP, Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda, 1999. cap. 4, p. 117-150, 807 p.

_____. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

RIBEIRO, José Alcir Pereira et al. **Projeto Fortaleza: hidrogeologia e controle tecnológico nas perfurações de poços tubulares no Município de Fortaleza, Ce**. Relatório Final. Escala 1:40.000. Texto e mapas. Fortaleza: CPRM, v. 2, 1985.

RIBEIRO LIMA, C. H.; FRISCHKORN, H.; BURTE, J. Avaliação da interação rio-aquífero a partir de dados experimentais e de um modelo analítico. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2007.

RIGHETTO, Antônio Marozzi. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.

RODRIGUES, Antônio Fernando da Silva (Coord.). **Mineralnegócios: guia do investidor no Brasil**. Brasília – DF: DNPM, 2006.

RODRIGUÉZ, José Manuel Mateo. Desenvolvimento sustentável: níveis conceituais e modelos. In: CAVALCANTI, A. P. B. (Org.). **Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC, 1997. cap. 5, p. 51-62.

ROSAS, Anny Jacqueline Cysne. **Responsabilidade social empresarial: 2002**. 124 f. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) – Fundação Edson Queiroz, Universidade de Fortaleza – UNIFOR, Fortaleza, 2002.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

_____, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, Marcel (org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.

SALES, Célio Augusto Tavares e. **Contribuição para um modelo de alocação de água no Ceará: 1999**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Recursos Hídricos – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

SANCHEZ, Petra S. **Atualização em técnicas para o controle microbiológico de águas minerais**. In: SEMINÁRIO. Fortaleza. Universidade Federal do Ceará. 3 e 4 ago. 2001. p. 126.

SANDRONI, Paulo(Org. e Sup.). **Novíssimo dicionário de economia**. Best Seller, 1999.

SANTOS, M. M.; KIANG, C. H.; CELLIGOI, A. **Índice DRASTIC: método de apoio a avaliação da vulnerabilidade natural de um aquífero local na área urbana de Londrina-PR**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2004, Cuiabá. Anais... Cuiabá; 2004. p. 1-20.

SEBRAE/ES. **Engarraffamento de água mineral**. Disponível em:<http://www.sebraees.com.br/ideiasnegocios/pag_imp_ide_neg.asp?objeto=258.htm> Acesso em: 06 fev 2007.

SEBRAE/MG. **Ponto de partida: exploração e engarraffamento de água mineral**. Minas Gerais, 2005.

SEFAZ – Ce. **Instrução normativa nº 09, de 24 de julho de 2007**. Dispõe sobre os valores dos produtos que indica, para efeito de cobrança do ICMS por Substituição Tributária. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, Ce, 31 de jul. de 2007.

SEFAZ – Ce. **Instrução normativa nº 16, de 31 de maio de 2006**. Dispõe sobre procedimento relativo ao recolhimento do ICMS referente às operações com água mineral envasada em embalagem de 20 litros. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, Ce, 12 de jun. de 2006.

SOUSA, José Ferreira de. **Estudos hidrogeológicos e ambientais das fontes de águas minerais no Estado do Ceará: 2005**. 104 f. Monografia (Pós-graduação em Direito Ambiental) - Centro de Estudos Sociais Aplicados – Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, 2005.

_____. **Plano de aproveitamento econômico – PAE** água mineral. Fortaleza, 2006.

SOUZA, Marcelo Pereira de. A cobrança e a água como bem comum. **RBE: caderno de recursos hídricos**, São Carlos – SP, v. 13, n. 1, p. 25- 55, jun. 1995.

_____. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos: Riani Costa, 2000, 112 p.

SOUZA, Patrícia A.P. A importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas. In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C.; LEME, A.A.(Orgs.) **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carlos: Rima, 2001. cap. 4, p.55-65.

SWE. **Wasser für München**. VHS, 35 min, Munique, Alemanha, 1999.

TAJRA, Adriana Araújo. **Aspecto técnico-construtivos dos poços tubulares e a legislação pertinente** área piloto de Fortaleza – Ce: 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geologia – Área de concentração em hidrogeologia) – Centro de Ciências – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Carlos: RiMa, IIE, 2005. 248 p.

VAITSMAN, Delmo Santiago; VAITSMAN, Mauro Santiago. **Água mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

VASCONCELOS, S. M. S. **Recarga do aquífero dunas/paleodunas, Fortaleza – Ce**. São Paulo: 1999. 109 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VIANA, R. B.; CAVALCANTE, R. M.; BRAGA, F. M. G.; VIANA, A. B.; ARAÚJO, J. C.; NASCIMENTO, R. F.; PIMENTEL, A. S. Risk Assessment of Trihalomethanes from Tap Water in Fortaleza, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2008.

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

ZANELLA, Maria Elisa. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: DA SILVA, José Borzacchiello (org.); CAVALCANTE, Tércia Correia (org.); DANTAS, Eustógio Wanderley Correia (org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 169-188.

ANEXOS

ANEXO A – Classificação das águas minerais quanto à sua composição química e quanto às fontes.

As águas minerais são classificadas quanto à sua composição química, como (PIRES, 2000):

Radíferas – quando contêm em solução substâncias que lhes conferem radioatividade permanente;

Alcalino-Bicarbonatas – quando contêm, por litro, uma quantidade de compostos alcalinos equivalente, no mínimo, a 0,200 gramas de bicarbonato de sódio;

Alcalino-Terrosas – quando, por litro, contenham um mínimo de 0,120g de carbonato de cálcio, podendo ser:

- Alcalino-Terrosas Cálcicas – quando tiverem 0,048g/L do cátion Ca sob a forma de bicarbonato de cálcio;
- Alcalino-Terrosas Magnesianas – quando tiverem 0,030g/L do cátion Mg sob a forma de bicarbonato de magnésio.

Sulfatadas- quando contêm um mínimo de 0,100g/L do ânion SO_4 , combinado com os cátions Na, K e Mg;

Sulfurosas – quando tiverem um mínimo de 0,001g/L do ânion S;

Nitratadas – quando contiverem um mínimo de 0,100g/L do ânion NO_3 de origem mineral;

Cloretadas – quando contiverem um mínimo de 0,500g/L de NaCl (cloreto de sódio);

Ferruginosas – aquelas que possuem um mínimo de 0,005g/L do cátion Fe;

Radioativas – quando há gás radônio em solução, obedecendo aos seguintes limites, a 20°C e 760 mm de Hg de pressão:

- Fracamente radioativas – 5 a 10 unidades Mache;
- Radioativa – 10 a 50 unidades Mache;
- Fortemente radioativas – superior a 50 unidades Mache.

Toriativas – as que possuem um teor em Torônio equivalente a duas unidades Mache/L;

Carbogasosas – quando possuem 200 ml/L de gás carbônico livre, dissolvido a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

Oligominerais – quando, apesar de não atingirem os limites estabelecidos de concentração de sais, tiverem uma ação medicamentosa comprovada e aprovada pela Comissão Nacional de Crenologia.

O elemento dominante é o responsável pela classificação, podendo ser mista – se as águas apresentarem mais de um elemento digno de nota ou se possuírem elementos raros como o Iodo, o Arsênio ou o Lítio, por exemplo.

Segundo Pires (2000) de acordo com o artigo 36, a classificação da água segundo as fontes, divide-se de acordo com os gases nela presentes e quanto à temperatura. Quanto aos gases podem ser:

Fracamente Radioativas – as que possuem uma vazão gasosa de 1 litro por minuto e um teor de Radônio de 5 a 10 unidades Mache;

Radioativas – as que apresentam uma vazão gasosa de 1 litro por minuto e um teor de Radônio de 10 a 50 unidades Mache;

Fortemente Radioativas – as que têm uma vazão gasosa de 1 litro por minuto e um teor de Radônio de mais de 50 unidades Mache;

Toriativas – no mínimo, uma vazão gasosa de 1 litro por minuto e um teor de Torônio equivalente a 2 unidades Mache;

Sulfurosas – as que na emergência, apresentarem desprendimento definido de gás sulfídrico;

Carbogasosas – as que por litro, contiverem 200 ml de gás carbônico livre, dissolvido a 20°C e 760 mm de Hg de pressão.

Quanto a temperatura, à medida que se aprofunda na crosta terrestre, a temperatura da água aumenta na razão de 1°C por cada 33 m de profundidade influenciando na mineralização, e sofrendo resfriamento no seu retorno à superfície. Como exemplo, no Estado do Rio de Janeiro, existe fonte em que a temperatura na surgência ou afloramento superficial é de

18,2°C (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005, p. 51). Pires (2000) ainda no artigo 36 classifica a água mineral quanto a temperatura como:

Fontes Frias – quando sua temperatura for inferior a 25°C;

Fontes Hipotermiais – quando sua temperatura estiver entre 25° e 33°C;

Fontes Mesotermiais – quando sua temperatura estiver entre 33° e 36°C;

Fontes Isotermiais – quando sua temperatura estiver entre 36° e 38°C;

Fontes Hipertermiais – quando sua temperatura for superior a 38°C.

ANEXO B – Tipos de águas minerais com os seus efeitos terapêuticos.

Os efeitos terapêuticos mais comuns das águas classificadas como minerais de acordo com Vaitsman e Vaitsman (2005) são:

Ácidas – regularizam a acidez (pH) da pele;

Alcalinas – diminuem a acidez estomacal e hidratam a pele;

Bicarbonatadas sódicas – tratamento de cálculos renais e biliares, problemas gatrointestinais, hepatite e diabetes;

Brometadas – sedativas e tranqüilizantes, combatem insônia, nervosismo, desequilíbrios emocionais, epilepsia e histeria;

Cálcicas – ação diurética, casos de raquitismo, colites e consolidação de fraturas. Diminui a sensibilidade em casos de asma, bronquites, eczemas e dermatoses;

Carbônicas – hidratam a pele e reduzem o apetite;

Carbogasosas – diuréticas e digestivas, auxiliam no tratamento de distúrbios funcionais do estômago, cálculos nos rins e na vesícula, repõe energia, estimula o apetite e são eficazes contra hipertensão arterial e perturbações funcionais que normalmente acompanham os hipertensos, como: emotividade exagerada, dormência, cefalias, perturbações visuais, zumbidos nos ouvidos etc;

Cloretadas – auxiliam nas moléstias gatrointestinais, gastrites, pancreatites, hepatites e problemas renais;

Ferruginosas – tratamento da anorexia, anemias, parasitose, alergias e acne juvenil. Estimula o metabolismo e o apetite, mas se ingerida em excesso pode causar cólicas;

Fluoretadas – auxilia na melhor formação dos ossos e redução da cárie dental;

Iodetadas – indicadas na arteriosclerose, reumatismo, insuficiência tireoideana, bócio, moléstias do fígado e dos rins, tratamento de adenóides e inflamações da faringe;

Magnesiana – insuficiência hepática, enterocolite crônica e fermentação intestinal;

Radioativas – sedativas do sistema nervoso, são eficientes contra processos alérgicos e mau funcionamento das glândulas. São diuréticas, dissolvem cálculos renais e biliares, eliminam o ácido úrico na gota, reumatismo gotoso e hiperuricemia;

Sulfatadas –atuam como antiinflamatório e antitóxico;

Sulfatadas sódica – auxiliam na prisão de ventre, colites e problemas hepáticos;

Sulfurosas – recomendadas como bebida no auxílio dos distúrbios funcionais do fígado e diabéticos. Como banho as águas sulfurosas são utilizadas para reumatismo e doenças da pele.

ANEXO C - Exemplos de furos de sonda com sua respectiva descrição do material da zona vadosa de Oliveira e Abreu (2006, p. 97-100).

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição
01	558158	9587573	Areia fina argilosa
08	551567	9586722	Areia fina siltosa
14	548786	9585654	Areia fina
27	555850	9580466	Argila
40	545382	9577877	Argila com nódulos de laterita e pedregulhos
62	552112	9585718	Argila arenosa
83	543587	9586504	Argila arenosa com pouca laterita
119	553204	9581760	Argila silto-arenosa
139	545452	9580708	Silte arenoso
207	550658	9583751	Areia fina argilosa
211	563860	9578197	Fonolito

ANEXO D – Amostras de valores de condutividade hidráulica (K) de poços do Município de Fortaleza de Oliveira e Abreu (2006, p.101).

Poço	K (m/s)	Litologia
3	$3.66.10^{-3}$	Dunas
4	$2.66..10^{-3}$	Dunas
16	$2.58.10^{-5}$	Sedimento
17	$8.63.10^{-5}$	Sedimento
18	$1.28.10^{-7}$	Sedimento
19	$1.86.10^{-7}$	Sedimento
20	$2.58.10^{-5}$	Sedimento
21	$8.63.10^{-5}$	Sedimento
34	$5.95.10^{-6}$	Embasamento cristalino
35	$5.95.10^{-6}$	Embasamento cristalino

ANEXO E - Metodologia utilizada para obtenção dos custos de investimento e OAM da água envasada em Fortaleza, Ce, por ano, por vasilhame e por litro.

Raciocinando a princípio pela equação:

$$CI = \text{CUSTO TOTAL (R\$)} \times \text{FRC (ano}^{-1}\text{)} / \text{VAZÃO (m}^3\text{/ano)} = \text{R\$/m}^3 \quad (3)$$

Para se chegar ao valor de R\$/litro, é necessário ter o valor em R\$ (valor presente) que multiplicado pelo fator FRC dará o valor R\$/ano. Este dividido pela produção anual gera o valor R\$/vasilhame que dividido por 20 (litros), chega ao valor final R\$/litro.

Para os poços, calcula-se o FRC com os custos de capital anualizados para taxa de juros (i) de 12% ao ano e prazo (n) de 30 anos, cujo valor é $0,1241 \text{ ano}^{-1}$.

$$\text{FRC} = [(1+i)^n \times i] / [(1+i)^n - 1] \quad (4)$$

Ao se obter o Fator de Recuperação de Capital, calcula-se o capital inicial ou valor presente em R\$, $\text{VP} = 23.865,60 \text{ R\$/ano} / 0,1241 \text{ ano}^{-1} = 192.309,43 \text{ R\$}$, este é o valor do investimento para disponibilização da água subterrânea. Como o custo médio no sedimento é de $0,113 \text{ R\$/m}^3$, o custo em R\$/vasilhame é de $0,00226$ e em R\$/litro de $0,000113$.

Para o terreno, construções de escritório e área industrial, utilizou-se prazo (n) de 20 anos e taxa de juros (i) de 12% ao ano. Retorna-se a equação (4) para calcular o FRC, que será $0,1339 \text{ ano}^{-1}$. Com esse valor se calcula a anuidade, multiplica-se $233.280,00 \text{ (R\$)} \times 0,1339 \text{ (ano}^{-1}\text{)} = 31.236,19 \text{ R\$/ano}$. Para máquinas e equipamentos, móveis e utensílios utilizou-se prazo (n) de 10 anos e taxa de juros (i) de 12% ao ano. Retorna-se a equação (4) para calcular o FRC, que será $0,1769 \text{ ano}^{-1}$. A anuidade será de $49.864,57 \text{ R\$/ano}$.

Para transportes de equipamentos e montagem, eventuais e capital de giro, utilizou-se prazo (n) de 5 anos e taxa de juros (i) de 12% ao ano. Retorna-se a equação (4) para calcular o FRC, que será $0,2773 \text{ ano}^{-1}$. A anuidade será, portanto, $45.821,05 \text{ R\$/ano}$.

A produção anual foi calculada baseada em que no mês existem 22 dias úteis, com 8 horas de trabalho, logo 176 horas ao mês, com produção de 1.000 vasilhames a cada hora, serão 176.000 vasilhames ao mês, em 12 meses serão 2.112.000 vasilhames. Ao dia dividiremos a produção mensal por 22 dias, logo diariamente serão produzidos 8.000 vasilhames de 20 litros. Então, os custos de investimento para o parque industrial de envase serão $126.921,81 \text{ R\$/ano} / 2.112.000 \text{ vasilh/ano} = 0,06009 \text{ R\$/vasilh/} 20 \text{ litros} = 0,00300 \text{ R\$/L}$.

Para dar vazão a toda a produção, serão necessários quatro caminhões, estimando uma carga máxima de 500 vasilhames por caminhão e toda a produção entregue. Serão 16 cargas

por dia, cada transporte dará quatro viagens. Como o prazo para vida útil dos veículos também é de 5 anos, tem-se $FRC (12\%; 5 \text{ anos}) = 0,2773 \text{ ano}^{-1}$ e a anuidade será 110.920,00 R\$/ano. Assim, têm-se os custos de investimento para o transporte de 110.920,00 R\$/ano / 2.112.000 vasilh/ano = 0,05251 R\$/vasilh/ 20 litros = 0,00262 R\$/L.

Então, o valor para reposição é de 261.707,41 R\$/ano. Observa-se que o total dos três tipos de custos de investimento fornece o custo total de investimento por vasilhame o valor de aproximadamente R\$ 0,11. Entre os três custos formadores do custo de investimento, o maior é o referente ao parque industrial de envase.

$$CTI = CI_d + CI_{pi_e} + CI_t \quad (5)$$

Como demonstrado anteriormente a vazão necessária de água bombeada é 211.200 m³/ano, esse valor multiplicado pelo custo médio de OAM do aquífero sedimentar na região metropolitana de Fortaleza (0,056 R\$/m³), gera o valor de 11.827,20 R\$/ano que se encontra na Tabela 17. O custo em R\$/vasilhame é de = 0,00112 e em R\$/litro de 0,000056, visto que o custo médio de OAM no sedimento é de 0,056 R\$/m³ e o m³ corresponde a 1000 litros.

A Tabela 17 também demonstra os custos de OAM necessários para executar a atividade de envasamento de água mineral, que foram calculados na Tabela 13, dividindo seus componentes em quatro grupos de despesas (com pessoal, comerciais, administrativas e tributárias). Esses custos totalizam o valor de 2.628.472,00 R\$/ano, os quais divididos pela produção anual correspondem a 1,24454 R\$/vasilh/ 20 litros, ou ainda, 0,06222 R\$/L.

Observa-se que o total dos dois tipos de custos de OAM fornece o custo total de OAM por vasilhame o valor de aproximadamente R\$ 1,25. Entre os dois custos formadores do custo de OAM, o maior é o referente a atividade de envasamento de água mineral.

$$CTOAM = COAM_d + COAM_{ae} \quad (6)$$

O total dos dois tipos de custos de Investimento e OAM fornece o custo total da atividade por vasilhame o valor de R\$ 1,36.

$$CT_{emp} = CTI + CTOAM \quad (7)$$