



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC**  
**PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**

**JAMERSON CAVALCANTE DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS NO BAIRRO DO FAROL, EM MACEIÓ, ALAGOAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Maceió, AL**  
**2008**

**JAMERSON CAVALCANTE DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS NO BAIRRO DO FAROL, EM MACEIÓ, ALAGOAS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pósgraduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Valmir de Albuquerque Pedrosa

Co-orientador: Wilton José Silva da Rocha

**Maceió, AL  
2008**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

- L732a Lima, Jamerson Cavalcante de.  
Avaliação da concentração de nitrato nas águas subterrâneas no bairro do Farol, em Maceió, Alagoas / Jamerson Cavalcante de Lima, 2008.  
xiii, 96 f. : il.
- Orientador: Valmir de Albuquerque Pedrosa.  
Co-Orientador: Wilton José Silva da Rocha.  
Dissertação (mestrado em Engenharia : Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2008.
- Bibliografia: f. 85-89.  
Anexos: f. 90-96.
1. Águas subterrâneas – Maceió (AL). 2. Águas subterrâneas – Contaminação.  
3. Nitrato. I. Título.

CDU: 556.33(813.5)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC**  
**PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**

**Jamerson Cavalcante de Lima**

**Avaliação da Concentração de Nitrato nas Águas Subterrâneas do  
Bairro do Farol, em Maceió, Alagoas**

**Dissertação de Mestrado**

**Aprovada em 03 de setembro de 2008.**

**BANCA EXAMINADORA**

Valmir de Albuquerque Pedrosa (orientador-UFAL) Valmir Pedrosa

Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral (UFPE) Jaime Cabral

Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira (UFAL) Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

José Vicente Ferreira Neto (UFAL) José Vicente Ferreira Neto

Dedico este trabalho à minha esposa Luciana  
e aos meus filhos Tainá, Yasmin, Luanna e Lucas  
pelos fins de semana sacrificados com a  
minha ausência, apesar da presença física.

## **Agradecimentos**

Aos meus orientadores, Valmir e Wilton, pelo apoio, competência científica e profissional transmitida e pela confiança em mim depositada.

A Ana Catarina e Elaine, um agradecimento especial, por terem sido mais do que guias, pela amizade, pelo carinho, pela constante atenção e principalmente pelo interesse na realização deste trabalho.

A meus amigos Professor Ferreira, Manoel Messias, Jerônimo e Regina do Instituto de Meio Ambiente, pela sua presteza e apoio que contribuíram fortemente com meu crescimento como pessoa e profissional.

Ao amigo Alex Gama um forte abraço por acreditar no meu potencial, e aos colegas de trabalho que me deram suporte na reta final.

A minha esposa Luciana, pela compreensão, amor, apesar de minha ausência, e a meus filhos Tainá, Yasmin, Luanna e Lucas pelos fins de semana sem a minha presença.

A meus pais, Eraldo e Marlene, pelo apoio e incentivo de sempre.

## INDICE

INDICE DE FIGURAS .....	v
INDICE DE TABELAS .....	vii
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
CAPÍTULO 1 .....	1
1 INTRODUÇÃO .....	2
1.1 Objetivos .....	4
1.1.1 Geral .....	4
1.1.2 Específicos .....	4
1.2 Localização .....	5
1.2.1 História .....	5
1.3 Clima da área de estudo .....	6
1.4 Caracterização geológica da área .....	11
1.4.1 Síntese da geologia regional .....	11
1.4.2 Geologia da área de estudo .....	16
1.5 Caracterização Hidrogeológica da Área .....	21
1.5.1 Modelo Hidrogeológico conceitual .....	21
1.5.2 Sistema Aquífero Marituba .....	22
1.5.3 Sistema Aquífero Barreiras .....	23
1.5.4 Sistema Aquífero Barreiras-Marituba .....	25
1.5.5 Potenciometria da área de estudo .....	28
1.6 Vulnerabilidade do aquífero na área de estudo .....	30

1.7	Abastecimento de água e esgotamento sanitário no bairro Farol .....	33
CAPITULO 2 .....		35
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	36
2.1	O Ciclo do nitrogênio .....	37
2.1.1	Fixação .....	37
2.1.2	Nitrificação .....	38
2.1.3	Assimilação .....	38
2.1.4	Mineralização (amonificação) .....	38
2.1.5	Desnitrificação .....	38
2.1.6	Eutrofização .....	39
2.2	O ciclo do nitrogênio e a intervenção humana .....	40
2.2.1	Poluição .....	40
2.3	Alterações nas características das águas subterrâneas .....	41
2.4	Contaminação das águas subterrâneas por nitratos .....	42
2.4.1	Íons Nitrato .....	43
2.4.2	Toxicidade dos Nitratos e Nitritos .....	45
2.5	Métodos de remediação da contaminação por nitrato .....	47
2.5.1	Desnitrificação .....	47
2.5.2	Troca iônica .....	48
2.5.3	Osrose reversa .....	49
2.5.4	Eletrodialise .....	50
2.6	Evolução do Padrão de Potabilidade .....	50
CAPÍTULO 3 .....		54
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	55



3.1	Cadastramento dos poços.....	55
3.2	Campanha para coleta das amostras de água .....	57
3.3	Método de determinação de nitrato.....	58
3.4	Padrão de Potabilidade.....	61
3.5	Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.....	61
3.6	Padronização dos métodos de análise de nitratos .....	63
3.7	Análise dos dados .....	63
CAPÍTULO 4 .....		65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
4.1	Resultados das análises físico-químicas .....	66
4.2	Análise dos Resultados .....	69
4.2.1	Características dos poços utilizados para coleta de amostras de água .....	69
4.2.2	Potencial Hidrogeniônico – pH .....	71
4.2.3	Condutividade elétrica.....	71
4.2.4	Cloretos.....	72
4.2.5	Concentrações de Nitritos.....	74
4.2.6	Concentrações de Nitratos .....	74
4.2.7	Turbidez.....	79
CAPÍTULO 5 .....		80
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	81
CAPÍTULO 6 .....		83
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84
ANEXO I - CADASTRO DOS POÇOS DO BAIRRO FAROL – MACEIÓ .....		89
CADASTRO GERAL DOS POÇOS DO BAIRRO FAROL – MACEIÓ - ALAGOAS .....		90

ANEXO II - RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	93
---	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização da Área de Estudo .....	6
Figura 1.2 - Diagrama com a precipitação acumulada média no mês, em Maceió .....	8
Figura 1.3 – Evaporação e Evapotranspiração Potencial média, em Maceió.....	9
Figura 1.4 – Temperaturas Máximas, Médias e Mínimas, em Maceió .....	9
Figura 1.5 – Umidade Relativa do Ar, em Maceió.....	10
Figura 1.6 – Insolação (horas), em Maceió .....	10
Figura 1.7– Pressão atmosférica, em Maceió.....	11
Figura 1.8– Mapa de localização da Bacia de Alagoas com indicação da área de estudo. ....	12
Figura 1.9– Carta estratigráfica da Bacia de Alagoas. ....	14
Figura 1.10– Domínios Geológicos na Região de Maceió.....	17
Figura 1.11– Bloco diagrama dos domínios geológicos na área de estudo.....	18
Figura 1.12– Perfil-tipo de um poço tubular profundo construído no Sistema Aquífero Marituba. ....	24
Figura 1.13– Perfil-tipo de um poço tubular profundo captando o Sistema Aquífero Barreiras. ....	26
Figura 1.14– Perfil-tipo de um poço tubular profundo captando o Sistema Aquífero Barreiras-Marituba. ....	27
Figura 1.15– Mapa da variação potenciométrica (1980 e 2003).....	28
Figura 1.16– Mapa potenciométrico (2001/2003).....	30
Figura 1.17 – Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos na região urbana de Maceió .....	32
Figura 1.18– Rede coletora de esgotos do bairro do Farol, em Maceió .....	34
Figura 2.1– Ciclo do nitrogênio.....	39
Figura 2.2 – Fontes de poluição em águas subterrâneas em zonas urbanas .....	42

Figura 2.3 - Esquema de sistema de esgotamento sanitário por fossa séptica e de poço .....	44
Figura 2.4– Diagrama esquemático da ligação entre nitrato e câncer gástrico .....	47
Figura 2.5– Esquema do processo de troca iônica.....	49
Figura 2.6– Esquema do processo de eletrodialise.....	50
Figura 2.7– Discriminação da natureza dos parâmetros das quatro Portarias Nacionais .....	53
Figura 3.1 – Pontos de Amostragem .....	57
Figura 3.2– Coluna de cádmio-cobre redutora para análise de nitrato.....	59
Figura 3.3– Curva de Regressão Linear para determinação das concentrações de nitratos .....	60
Figura 4.1– pontos de amostragem e rede coletora de esgotos do bairro do Farol .....	70
Figura 4.2– Valor do pH das amostras coletadas .....	71
Figura 4.3– Valores de Condutividade Elétrica da água nos Pontos de Amostragem .....	71
Figura 4.4– Valor da concentração de Cloretos dos pontos de amostragem.....	72
Figura 4.5– Distribuição espacial das concentrações de cloretos .....	73
Figura 4.6–Valores das concentrações de nitratos na água nos Pontos de Amostragem .....	75
Figura 4.7– Distribuição espacial das concentrações de nitratos .....	76
Figura 4.8– Concentrações de nitratos no poço do Instituto da Visão .....	77
Figura 4.9– Concentrações de nitratos no poço da Clínica Santa Juliana.....	78

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Classificação dos aquíferos em Maceió quanto a potencialidade.....	22
Tabela 1.2 – Estimativa da recarga anual em Maceió. ....	29
Tabela 1.3 - Graus de Vulnerabilidade de Aquíferos pelo Método GOD .....	31
Tabela 2.1 – Evolução dos primeiros padrões de potabilidade americanos .....	52
Tabela 3.1 – Poços cadastrados para coleta de amostras de água .....	56
Tabela 3.2- Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde .....	61
Tabela 3.3 - Padrão de aceitação para consumo humano segundo a Portaria nº 518/04 .....	61
Tabela 3.4- Padrão de Qualidade de Água para consumo humano segundo a Resolução CONAMA nº 396/08 .....	63
Tabela 4.1 – Resultados das análises físico químicas das amostras coletadas na campanha de maio/2008.....	67
Tabela 4.2 – Resultados das análises físico-químicas realizadas no Laboratório do IMA, das amostras coletadas no poço do Instituto da Visão.....	68
Tabela 4.3 – Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas no poço da Clínica Santa Juliana (PA03).....	68
Tabela 4.4 – Tipo de Uso do Poço e destinação dos efluentes.....	70



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E  
SANEAMENTO

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
NO BAIRRO DO FAROL, EM MACEIÓ, ALAGOAS

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Jamerson Cavalcante de Lima**

Ao longo da história, vários relatos confirmam a utilização do sub-solo como destino final de resíduos produzidos pela atividade humana. Com o crescimento dos centros urbanos e a necessidade, cada vez maior, de uma fonte segura de água para abastecimento das populações e produção de alimentos, tem-se intensificado o uso das águas subterrâneas, face ao seu menor custo para produção e tratamento. Em contrapartida, essa ação tem se mostrado preocupante, pois tem resultado em sobreexplorações de aquíferos em regiões onde se observa alta vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas. O município de Maceió, Estado de Alagoas, tem nessas, a principal fonte para o abastecimento de água de sua população. O bairro do Farol, localizado sobre dois importantes aquíferos sedimentares, abriga uma população de mais de 60 mil habitantes e ocupa uma área de 3 km<sup>2</sup>, sendo considerado um importante centro comercial e residencial de Maceió. Apesar de possuir 75% de sua área atendida por rede pública coletora de esgotos, apenas 7,8% dos domicílios do bairro contribuem para a mesma. O restante tem seus esgotos dispostos em fossas sépticas com sumidouros, que por má operação, acabam se constituindo num foco de infiltração de contaminantes no solo, atingindo, muitas vezes, o lençol freático. O trabalho teve como objetivo a avaliação das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas do bairro, utilizando a metodologia analítica da Coluna de Cádmio-Cobre Redutora do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. A pesquisa avaliou as concentrações de nitratos em amostras de água subterrânea captada em 14 pontos de amostragem distribuídos pelo bairro, no aquífero Barreiras, tendo sido confirmada a presença deste íon em concentrações que variaram de 2,21 a 5,95 mg/L de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Apesar desses valores encontrarem-se abaixo do limite máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518/04 do Ministério da Saúde, que estabelece os Padrões de Potabilidade para a água, 85,7% das amostras apresentaram concentração acima de 3,0 mg/L de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, o que configura como indicativos de contaminação das águas subterrâneas do bairro por nitratos em dosagem tolerável.

Palavras chave: águas subterrâneas, contaminação, nitratos



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E  
SANEAMENTO**

**EVALUATION OF THE NITRATE CONCENTRATION OF UNDERGROUND  
WATERS IN THE FAROL'S QUARTER, IN MACEIÓ, ALAGOAS**

**ABSTRACT**

**MASTER SCIENCE DISSERTATION**

**Jamerson Cavalcante de Lima**

Throughout history, some stories confirm the use of the underground as final destination of residues produced for the activity human being. With the growth of the urban centers and the necessity, each bigger time, of a safe water source for supplying of the populations and food production, has intensified the use of underground waters, face to its lesser cost for production and treatment. On the other hand, this action if has shown preoccupying, therefore it has resulted in a big explotation of water-bearing in regions where if it observes high vulnerability to the contamination of underground waters. The city of Maceió, State of Alagoas, has in these, the main source for the water supply of its population. The Farol's quarter, located on two important water-bearing sedimentary ones, shelters a population of more than 60 thousand inhabitants and occupies an area of 3 km<sup>2</sup>, being considered an important commercial and residential center of Maceió. Although to possess 75% of its area taken care of for collecting public net of sewers, only 7.8% of the domiciles of the quarter contribute for the same one. The remain has its sewers made use in septic tank with absorbent hole, that for bad operation, finish if constituting in a focus of infiltration of contaminants in the ground, reaching, many times, the water sheet. The work had as objective the evaluation of the nitrate concentrations in underground waters of the quarter, using the analytical methodology of the Reducing Column of Cadmium-Cover of the Standard Methods will be the Examination of Water and Wastewater. The research evaluated the nitrate concentrations in caught underground water samples in 14 points of sampling distributed by the quarter, in water-bearing Barreiras and Marituba, having been confirmed the presence of this ion in the 4,97 concentrations that had varied of 2,21 mg/L of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N. Although these values to meet below of the maximum limit allowed by Low in the 518/04 of the Health department, that establishes the Standards of Potability for the water, 85.7% of the samples had presented concentration above of 3,0 mg/L of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, what it configures as indicative of contamination of underground waters of the quarter for nitrates in tolerable dosage.

Words key: underground waters, contamination, nitrates

## **CAPÍTULO 1**



# 1 INTRODUÇÃO

Desde as civilizações mais antigas até os dias atuais, a utilização do solo para destinação final de resíduos produzidos pela atividade humana tem sido observada. Com a crescente ocupação de áreas urbanas e a intensa atividade rural e industrial nas últimas décadas, a capacidade dos solos de atenuar, depurar e reter a maior parte dos contaminantes lançados tem sido superada, tamanha a complexidade da composição, quantidade e ordem de grandeza dos resíduos e efluentes gerados.

Apesar de serem mais protegidas que as águas superficiais, as águas subterrâneas podem ser poluídas ou contaminadas quando os poluentes atravessam a porção não saturada do solo.

Existem diversas formas de contaminação potencial das águas subterrâneas, dentre elas encontram-se: atividades de mineração; disposição de resíduos sólidos em lixões; uso de agrotóxicos e fertilizantes; acidentes envolvendo substâncias tóxicas; sistemas individuais ou coletivos de saneamento "in situ"; vazamento em redes coletoras de esgoto; armazenamento, manuseio inadequado e descarte de matérias primas, produtos, efluentes e resíduos contaminados. A irrigação também pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea.

Outra forma comum de contaminação das águas subterrâneas acontece quando os poluentes são lançados diretamente no aquífero, por meio de poços absorventes (sumidouros), sem passar pelas camadas de solo. Poços mal construídos ou operados de forma incorreta tornam-se caminhos preferenciais para que os poluentes atinjam diretamente as águas subterrâneas. Esta forma de contaminação acontece com frequência em cidades que não possuem sistema público ou privado, de rede de esgotos.

Considerada como uma das capitais com as praias mais belas do País, Maceió ocupa uma área de 511 km<sup>2</sup> onde vivem cerca de 896.965 habitantes (IBGE, 2007). O sistema de

abastecimento de água e esgotos da cidade é operado pela Companhia de Saneamento de Alagoas - CASAL, atendendo cerca de 98% da população urbana com rede de abastecimento de água, porém, apenas 30% dos domicílios de Maceió são atendidos por rede pública de coleta de esgotos (CASAL, 2008).

O sistema de abastecimento de água da população de Maceió, público ou advindo de soluções individuais, tem nos aquíferos, Barreiras e Marituba, uma fonte estratégica para captação de água. As águas subterrâneas chegam a representar cerca de 70% das fontes de abastecimento da cidade, contra os 30% de fontes superficiais tais como: Sistema Pratygy, Catolé/Cardoso e Aviação (CASAL, 2008). Estes aquíferos, por sua vez, também alimentam os fluxos de base dos principais rios da região, inclusive dos utilizados como fonte superficial de água. Desta forma, toda água para abastecimento acaba sendo interdependente dos citados aquíferos.

Os aquíferos Barreiras e Marituba são formados por depósitos sedimentares, sendo o primeiro um aquífero livre a semi-confinado, com espessura que varia de 60 a 80 m na região de Maceió, enquanto o segundo tem comportamento de semi-confinado a confinado, com espessura variando entre 13 a 428 m na região (Rocha, 2005). Pelas características geológicas e hidrodinâmicas destes aquíferos, é possível a ocorrência de migração de contaminantes através das camadas do solo, atingindo as zonas saturadas.

Com apenas 30% de cobertura para a rede de coleta de esgotos, os domicílios de Maceió acabam optando por soluções individuais para tratamento e disposição final dos efluentes líquidos domésticos com a utilização de fossas sépticas com sumidouros. Este tipo de solução acaba provocando a contaminação do solo e, por consequência, das águas subterrâneas, ou por mau dimensionamento ou por má operação.

O bairro do Farol com 3,0 km<sup>2</sup> abriga cerca de 6% da população de Maceió, sendo considerada uma área residencial e comercial de grande importância para o Município, concentrando uma população de classe média, média alta. Neste bairro há rede coletora de

esgotos em cerca de 75% do bairro, porém apenas 7,8% dos domicílios encontram-se ligados a rede, sendo aplicado o sistema de fossa séptica e sumidouro em 90% dos domicílios do bairro.

De modo a dar um diagnóstico da qualidade da água subterrânea e dos níveis de concentração de nitratos foi desenvolvido este estudo que envolve contaminação das águas subterrâneas na porção urbana composta pelo bairro do Farol.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Geral

O objetivo deste trabalho é a determinação da variabilidade espacial das concentrações de nitratos nas águas subterrâneas no bairro do Farol, em Maceió, Alagoas, e sua relação com a ocupação urbana e as condições de esgotamento sanitário.

### 1.1.2 Específicos

Como objetivos específicos, este trabalho pretende:

- a) Avaliar os níveis de concentração de nitratos, adotando como valor máximo de referência os limites estabelecidos na Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, nas águas subterrâneas utilizadas como fonte de abastecimento de água no bairro do Farol, em Maceió;
- b) Apresentar a condição de variabilidade espacial das concentrações de nitratos nos aquíferos utilizados como fontes de abastecimento no bairro do Farol;
- c) Apresentar a condição de saneamento básico no bairro do Farol e sua correlação com a presença de nitratos no aquífero Barreiras.

## 1.2 Localização

### 1.2.1 História

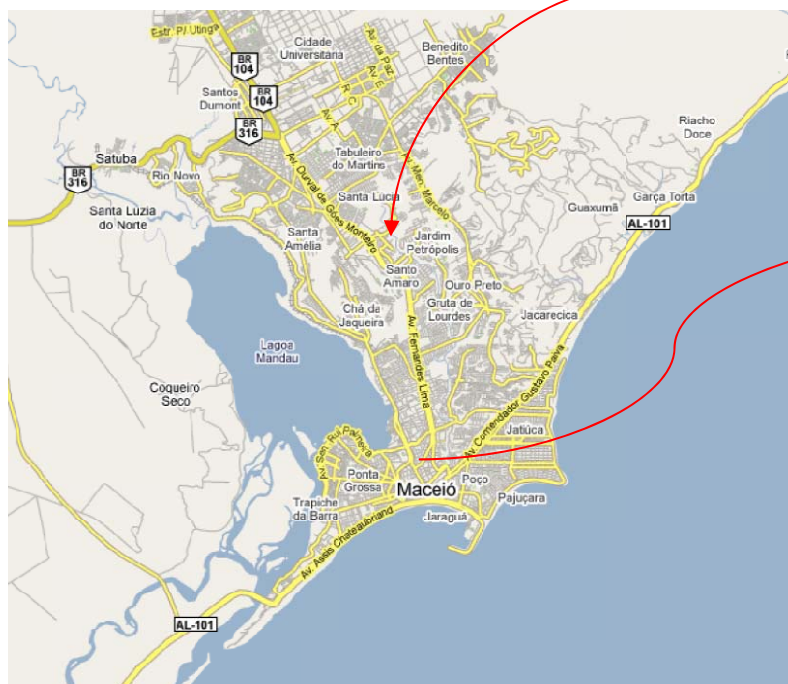
Com seu clima de planalto, a brisa leve das ruas tranquilas e ocupando uma área de 3,008km<sup>2</sup>, o bairro do **Farol** foi sempre o preferido pela burguesia alagoana, que construiu ali suas mansões. Seu nome origina-se da implantação do **Farol no Planalto do Jacutinga**. Os coronéis e barões que moravam em Bebedouro até o início do século XX, foram optando pela parte alta da cidade, por seu clima saudável e pela proximidade do centro da cidade.

A avenida Fernandes Lima, até as proximidades do 59º BIMTZ do Exército, era toda tomada por mansões onde residiam: usineiros, grandes industriais, comerciantes, magistrados e políticos. Atualmente, é quase tudo comércio e serviços. As casas antigas, ou foram derrubadas ou descaracterizadas, dando lugar a lojas dos mais variados ramos, consultórios médicos, supermercados, agências bancárias e outros estabelecimentos comerciais. Restam apenas algumas mansões em suas transversais.

A antiga rua do Seminário (atual Avenida Dom Antonio Brandão), era outra preferida pela burguesia maceioense. Por lá, residiram por muitos anos as famílias Maia Nobre, Nogueira, Inojosa de Andrade e outras.

Algumas dessas casas foram derrubadas para dar lugar a edifícios e estabelecimentos comerciais. Outras, continuam intactas como a do médico e intelectual, Dr. Ib Gatto Falcão. O Seminário Arquidiocesano continua lá, com suas linhas arquitetônicas do início do século.

A figura 1.1 indica a localização da área de estudo:



Fonte: Google Earth (2008)

**Figura 1.1 – Localização da Área de Estudo**

### 1.3 Clima da área de estudo

De acordo com dados da Diretoria de Meteorologia da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH (2007), o município de Maceió está situado na

região litorânea do Estado de Alagoas, e segundo a classificação de *Koppen*, apresenta *Clima Tropical Chuvoso com verão seco*. O boletim climático emitido por essa diretoria (SEMARH, 2007) apresenta os principais sistemas que influenciam o clima da região, abaixo descritos:

a) Sistemas Frontais

As frentes frias são regiões de transição entre a massa de ar frio polar e a massa de ar quente das latitudes mais baixas. Indiretamente as frentes frias provocam chuvas no litoral alagoano quando atingem o sul da Bahia e começam a se dissipar no oceano, podendo promover o surgimento de sistemas convectivos que são levados pelo vento sudeste em direção à costa. Esse fato se dá com maior frequência no período de maio a julho.

b) Ondas de Leste

São agrupamentos de nuvens que se movem no Atlântico, de leste para oeste, até atingirem a costa oriental da região Nordeste, provocando precipitação ao longo do litoral, de 5° a 13°S (leste do Rio Grande do Norte até o nordeste da Bahia), durante o período de maio a agosto. Esses sistemas influenciam principalmente as áreas costeiras, onde se situa o município de Maceió.

c) Sistema de Brisas

É o fenômeno conhecido como brisas marítima e terrestre, e resulta do aquecimento e resfriamento diferencial que se estabelece entre o continente e o mar. O sistema de brisas é responsável por boa parte da precipitação da estação chuvosa de toda a região litorânea do Nordeste.

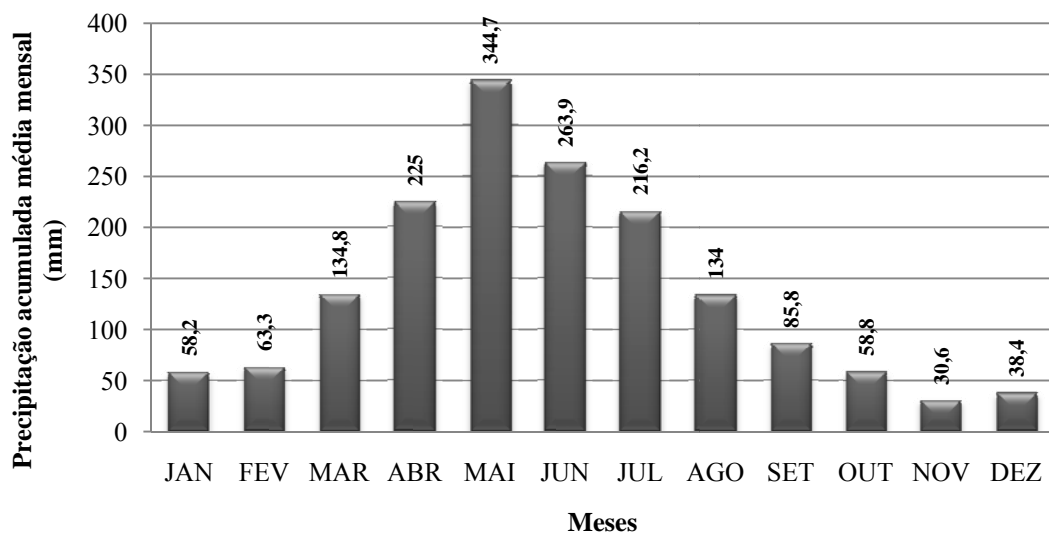
d) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

Consistem em sistemas de baixa pressão em grande escala, que se formam na alta troposfera e cuja circulação ciclônica fechada possui o centro mais frio que sua periferia. Esses vórtices têm origem tropical, originando-se no Oceano Atlântico nos

meses de primavera, verão e outono, causando chuvas fortes nas regiões em que ocorre.

Segundo o mesmo boletim, em condições normais, a estação chuvosa em Maceió acontece no período de abril a julho, fato que pode ter mudanças significativas nos anos em que ocorrem os fenômenos El Niño e La Niña. Março é considerado o mês de pré-estação, pois é quando se iniciam as chuvas na região.

A precipitação varia de 30,6 mm a 344,7 mm, sendo maio, o mês mais chuvoso com precipitação média de 344,7 mm e novembro o mês de menores índices de precipitação durante o ano (SEMARH, 2007) com média de 30,6 mm. A figura 1.2 apresenta a variabilidade média mensal da precipitação em Maceió:

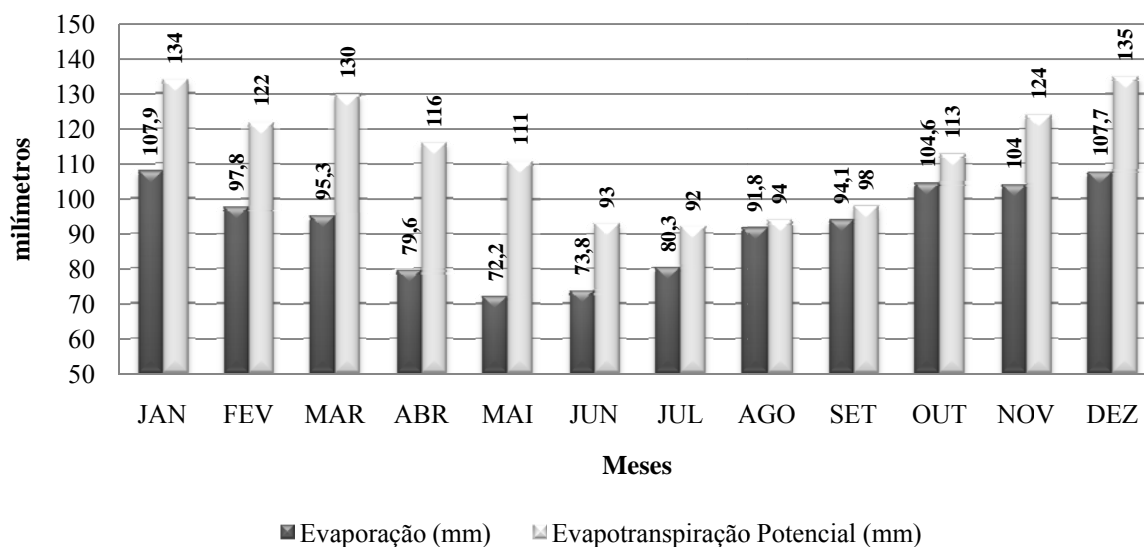


Fonte: SEMARH, 2007

**Figura 1.2 - Diagrama com a precipitação acumulada média no mês, em Maceió**

Segundo Rocha (2005) a evaporação e evapotranspiração constituem-se dois importantes parâmetros climáticos para a hidrogeologia, por serem de relevante significação no balanço hídrico de uma região. Os principais fatores que influem na evaporação e evapotranspiração são: temperatura, umidade relativa do ar, ventos, insolação e pressão atmosférica.

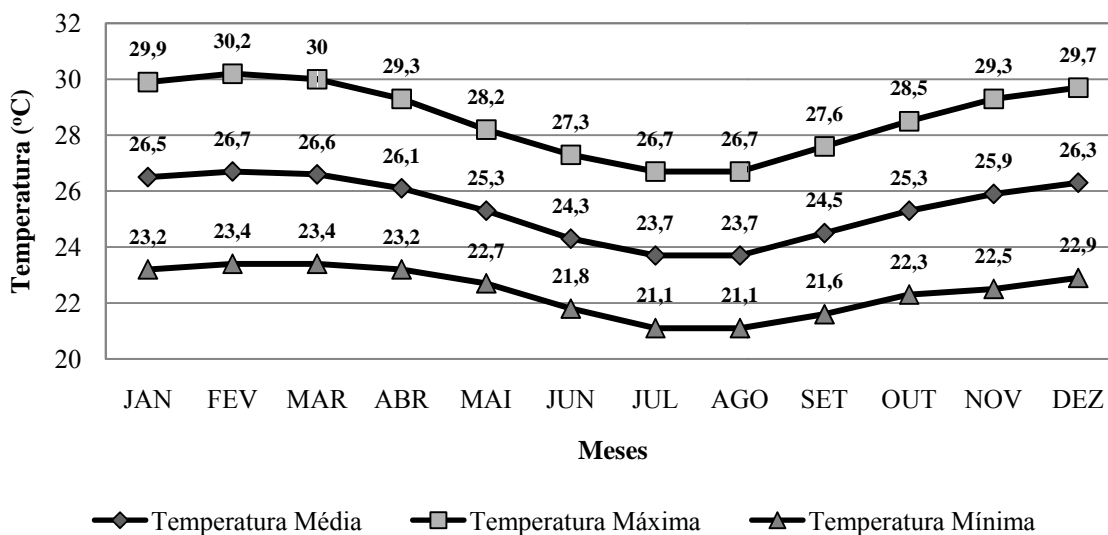
A variação média mensal da evaporação e da evapotranspiração observado em Maceió, possui comportamento de acordo com a figura 1.3:



Fonte: SEMARH, 2007

**Figura 1.3 – Evaporação e Evapotranspiração Potencial média, em Maceió**

A temperatura média varia de 23,7°C a 26,7°C em Maceió, com máximas nos meses de fevereiro e março e mínimas nos meses de julho e agosto. A figura 1.4 mostra a variação média da temperatura ao longo dos meses:

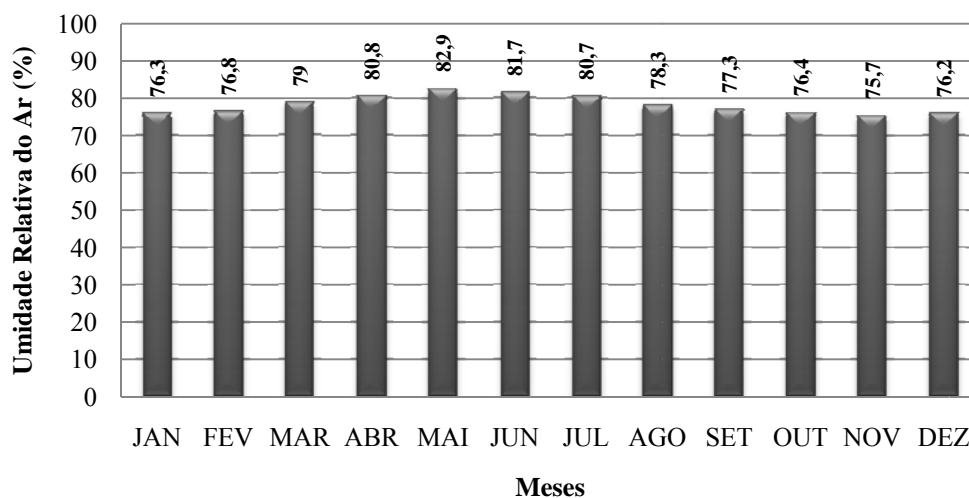


Fonte: SEMARH, 2007

**Figura 1.4 – Temperaturas Máximas, Médias e Mínimas, em Maceió**



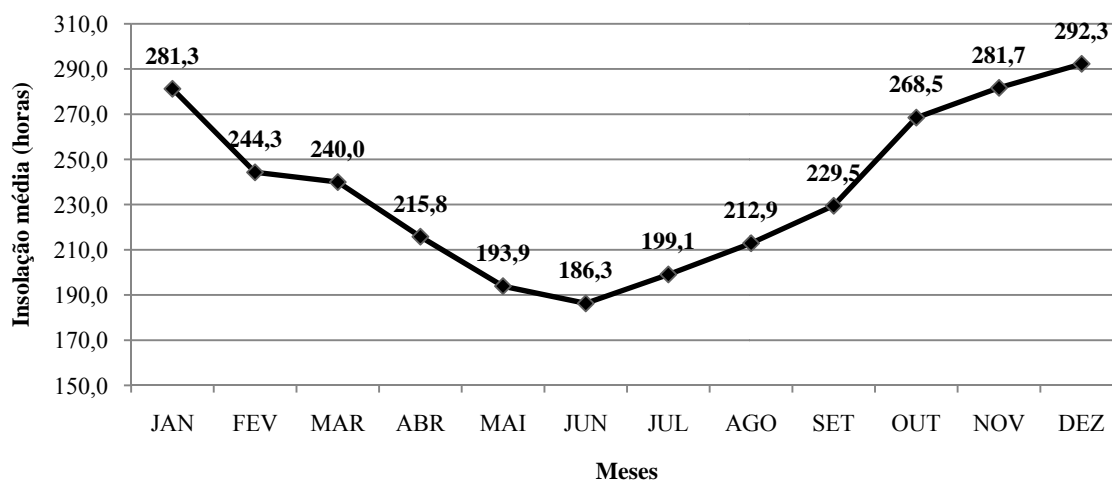
A umidade relativa do ar varia, 75,7% (novembro) a 82,9% (maio), como mostra a figura 1.5:



Fonte: SEMARH, 2007

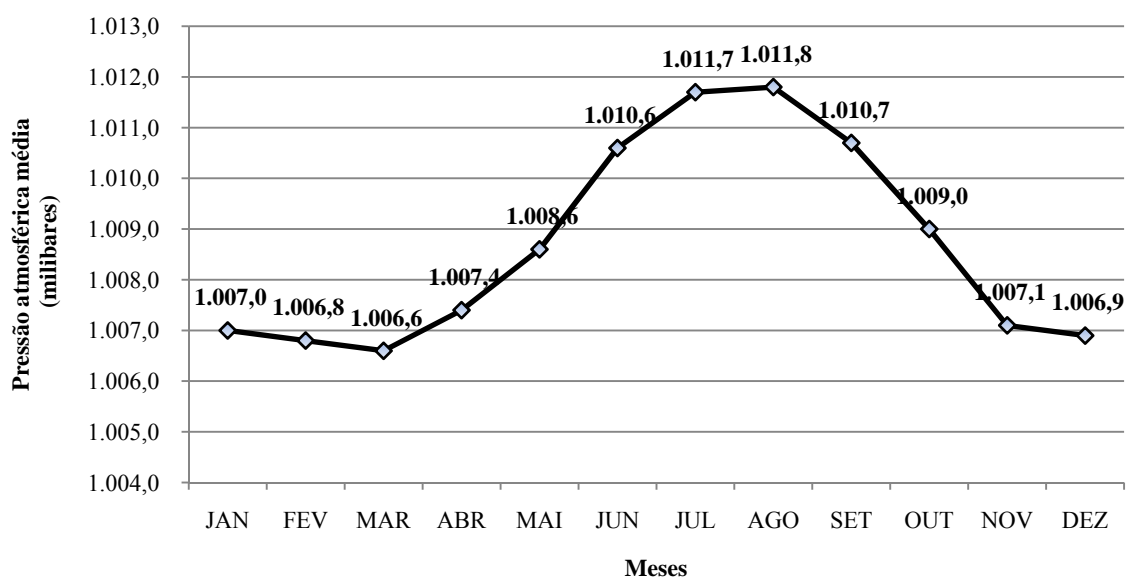
**Figura 1.5 – Umidade Relativa do Ar, em Maceió**

Já a insolação e a pressão atmosférica apresentam comportamento de acordo com as figuras 1.6 e 1.7, a seguir:



Fonte: SEMARH, 2007

**Figura 1.6 – Insolação (horas), em Maceió**



Fonte: SEMARH, 2007

*Figura 1.7– Pressão atmosférica, em Maceió.*

#### 1.4 Caracterização geológica da área

A geologia representa o parâmetro do meio físico mais importante para a hidrogeologia, tendo em vista que o substrato rochoso representa a base para a caracterização, classificação e entendimento dos aquíferos.

Neste capítulo, é feita a caracterização da geologia regional e local onde está inserida a área de estudo, com descrição e distribuição das unidades litoestratigráficas e principais feições estruturais.

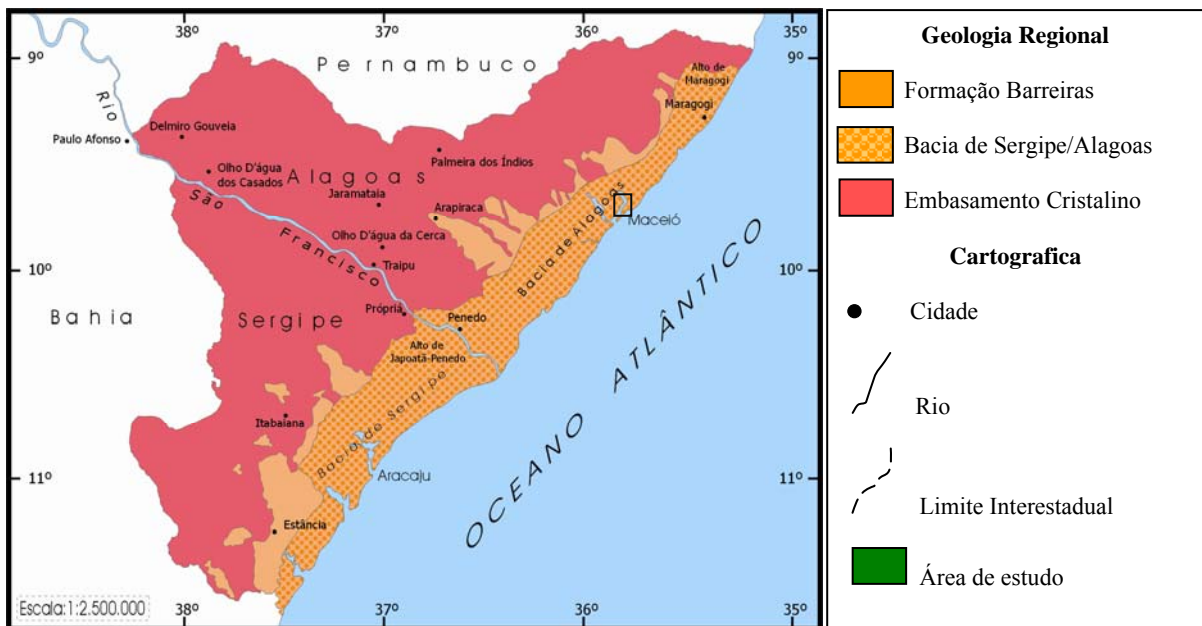
##### 1.4.1 Síntese da geologia regional

A área de estudo está situada dentro de um contexto geológico regional representado pela Bacia de Alagoas, Formação Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião.

#### 1.4.1.1 Bacia de Alagoas

Os conceitos lito e cronoestratigráficos, paleogeográficos, tectônicos/estruturais e econômicos sobre a Província Costeira e Margem Continental, onde ocorre a Bacia de Alagoas, foram definidos pela PETROBRAS que, na tentativa de identificar áreas favoráveis à prospecção de petróleo, efetuou mapeamentos geológicos de detalhe na escala 1:50.000 (Brasil – PETROBRAS/DNPM, 1975, *apud* Rocha, 2005) e sondagens, cujos resultados são atualmente expressos nos importantes depósitos de petróleo e/ou gás e salgema conhecidos na região de Maceió.

Feijó (1994) (*apud* Rocha, 2005) descreve a Bacia de Alagoas como localizada ao longo da costa e plataforma continental cobrindo quase totalmente a margem oriental atlântica de Alagoas. Esta compreende uma faixa costeira com 220 km de extensão e 40 km de largura média, limitando-se no continente, por falhas normais e mar adentro, pelo talude continental. Ao sul limita-se com a Bacia de Sergipe pelo Alto de Japoatã-Penedo e ao norte, o limite com a Bacia Pernambuco-Alagoas é indicado pelo Alto de Maragogi (figura 1.8).



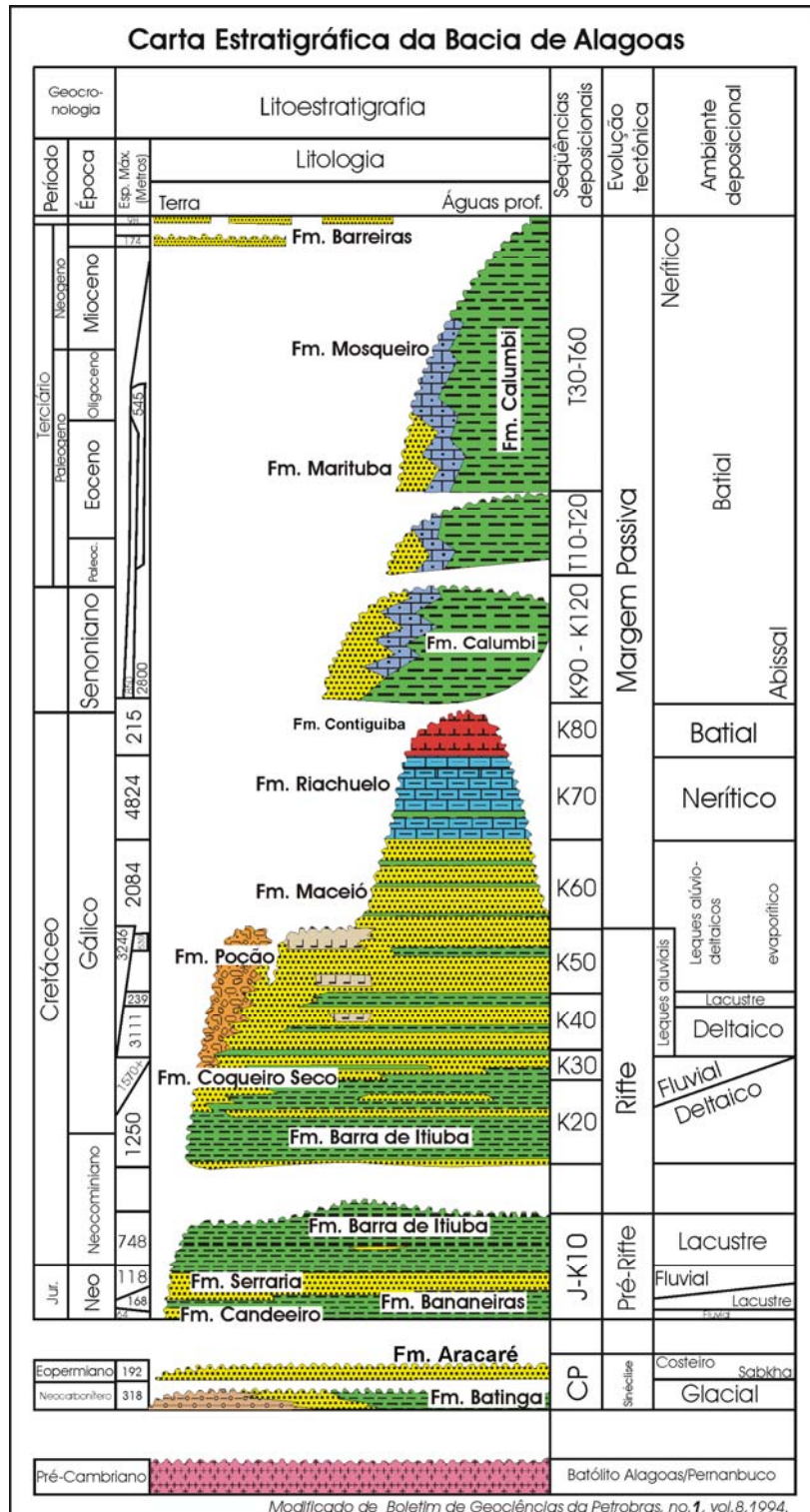
**Figura 1.8– Mapa de localização da Bacia de Alagoas com indicação da área de estudo.**

Essa bacia foi preenchida por sedimentos neopaleozóicos, mesozóicos e cenozóicos que mergulham suavemente para leste espessando-se no sentido do oceano, sendo a mais completa bacia sedimentar do nordeste brasileiro. São sedimentos de origem continental (Grupo Igreja Nova depositados entre o Neocarbonífero e o Eocambriano; Perucaba no Jurássico e Coruripe no Cretáceo), de transição (Formação Poção no Cretáceo) e marinha (Grupo Sergipe e Piaçabuçu depositados entre o Cretáceo e Terciário) que correspondem às sucessivas fases de sua evolução histórica. A espessura dessa bacia, conforme arcabouço estrutural varia de 300 a 500 metros nas plataformas rasas ou *horstes* interiores, atingindo mais de 7000 metros nos grabens principais e secundários (Rocha, 2005).

Feijó (1994, *apud* Rocha, 2005), a partir de importantes diferenças estruturais e estratigráficas, individualizou as bacias de Sergipe e de Alagoas, propondo também uma nova nomenclatura litoestratigráfica, mas conservando a precedência das definições de Schaller (1969, *apud* Rocha, 2005) e incorporando as modificações propostas por Figueiredo (1978, *apud* Rocha, 2005) e Feijó (1990, *apud* Rocha, 2005) (figura 1.9).

O embasamento cristalino é representado, principalmente, pelos granitos e migmatitos do Batólito Pernambuco-Alagoas. O reconhecimento geocronológico deste complexo granito-migmatítico sugere uma longa evolução de processos granitizantes (900 a 1400 milhões de anos) de um substrato mais antigo (Brito Neves 1973, *apud* Rocha, 2005).

Do ponto de vista estrutural, o sistema de falhas normais capeado pela Formação Barreiras, que separa a Bacia de Alagoas do Complexo Cristalino, estende-se no sentido SW-NE ocupando toda porção setentrional da bacia, formando uma sucessão de grabens e horstes alinhados NE-SW e associados a blocos escalonados e plataformas rasas, destacando-se o Graben de Alagoas.



Fonte: Rocha (2005)

**Figura 1.9– Carta estratigráfica da Bacia de Alagoas (modificada de Feijó 1994).**

No Graben de Alagoas, onde está inserida a área de estudo, encontra-se o alto estrutural secundário denominado de Horste de Maceió ou Tabuleiro do Martins. Está situado no flanco

oriental do Graben de Alagoas e apresenta uma direção NE-SW, com rejeito de 540 metros no lado sudeste e 590 metros no lado noroeste.

#### 1.4.1.2 Formação Barreiras

No final do Terciário e início do Quaternário, já em ambiente continental, foram depositados de maneira extensiva sobre a bacia e parte do embasamento cristalino, os clásticos da Formação Barreiras (Plioceno) servindo de cobertura para o registro sedimentar. A deposição continental desta formação pode ser considerada como um episódio independente, mais ligado à evolução da geomorfologia regional.

Alguns autores elevaram esta unidade à categoria de grupo, subdividido em duas formações, Guararapes e Tabuleiro do Martins, encontradas por Mablesone *et al.* (1975) (*apud* Rocha, 2005) em outros estados do Nordeste. Neste trabalho, essa unidade ainda será considerada como formação.

Ocorre, geralmente, sob a forma de extensos tabuleiros costeiros formando uma superfície elevada, plana e pouco dissecada. A sua drenagem é feita por vales jovens ou rejuvenescidos com perfis em forma de “V” agudo que os retalham profundamente, chegando, às vezes, a desnudar as unidades da Bacia de Alagoas. Mergulham suavemente em direção ao oceano, onde são abruptamente interrompidos formando falésias ao longo da costa, evidenciando talvez o último estágio de maturidade de uma costa submergente, responsável pela formação da planície costeira.

Apresenta uma grande variação de espessura, provavelmente, não somente ao arcabouço tectônico da bacia, como também das reativações do Terciário (Neotectônica) do sistema “rifteamento” ocorrido no Cretáceo, dando origem a blocos ou compartimentos (Santos *et al.*, 2001) (*apud* Rocha, 2005).

A Formação Barreiras contém areias com matriz argilosa e intercalações subordinadas de argilas e siltes argilosos. São sedimentos de cores variadas, predominando o amarelo-ocre e o vermelho acastanhado.

#### 1.4.1.3 Sedimentos de Praia e Aluvião

Finalmente, encerrando o processo de sedimentação, a variação do nível do mar e os agentes de erosão, propiciaram e propiciam até hoje, o acúmulo dos sedimentos marinhos, fluviais, eólicos e flúvio-lagunares que compõem as áreas baixas da planície costeira. A espessura é bastante variável com média de 10 metros nas planícies costeiras e 20 metros nas margens dos rios.

Esses sedimentos repousam discordantemente, sobre a Formação Barreiras e unidades da Bacia de Alagoas.

A litologia desta unidade litoestratigráfica varia conforme o ambiente de deposição. Nas planícies costeiras entre as falésias da Formação Barreiras e o mar, predominam areias finas a grossas, cinza-claro e/ou ligeiramente amareladas; nas planícies aluviais ao longo dos rios é constituída por areias, argilas e localmente cascalhos. Nas zonas de alagadiços e canais de rios sujeitos a influência das marés, é constituída por sedimentos paludiais com argilas arenosas em proporções que variam com a energia da corrente no local da deposição. Os arrecifes, alinhados paralelamente à orla marítima são do tipo barreiras formados por arenitos com cimento calcífero.

#### 1.4.2 Geologia da área de estudo

Correlacionando-se os litotipos aflorantes na região e seus posicionamentos litoestratigráficos com as unidades indicadas da geologia regional, verifica-se que esses litotipos correspondem, em superfície, à exposição da Formação Barreiras em todo o domínio da área de estudo.

Na área de estudo, ocorrendo em subsuperfície, a Bacia de Alagoas está representada pelo Grupo Piaçabuçu sobreposto pela Formação Barreiras.

Tratando-se da base principal para o entendimento da hidrogeologia da área de estudo, são discutidas as principais características geológicas e estratigráficas dessas unidades, conforme mapa dos domínios geológicos na região de Maceió (figura 1.10) elaborado com base na folha SC. 25-V-C-IV-2 (Maceió) na escala de 1:50.000 e classificação de Feijó (1994) (*apud* Rocha, 2005).

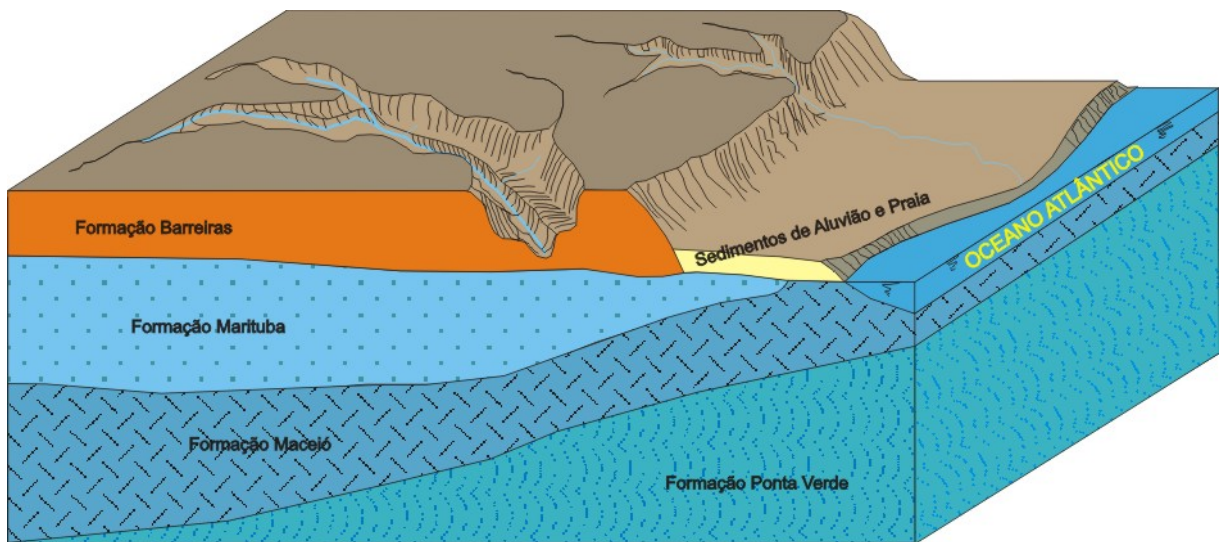


Fonte: Google Maps (2008), modificado

**Figura 1.10– Domínios Geológicos na Região de Maceió**

A figura 1.11 a seguir ilustra o bloco diagrama esquemático dos domínios geológicos na região de Maceió.





Fonte: Rocha (2005), modificado

**Figura 1.11– Bloco diagrama dos domínios geológicos na área de estudo(ilustrativo)**

#### 1.4.2.1 Bacia de Alagoas

O conhecimento da ocorrência, em subsuperfície, da Bacia de Alagoas, foi feito com base na avaliação dos poços para captação de águas subterrâneas.

Na área de estudo somente ocorrem as unidades litoestratigráficas dos grupos Piaçabuçu e Coruripe descritas a seguir, conforme Feijó (1994, *apud* Rocha 2005)

##### a) Grupo Piaçabuçu

Definido por Schaller (1969) (*apud* Rocha, 2005) como formação do Grupo Sergipe, foi classificado por Feijó como grupo reunindo as rochas clásticas e carbonáticas marinhas neocretáceas e terciárias das formações Calumbi, Mosqueiro e Marituba. Este grupo está representado na área de estudo pelas formações Mosqueiro e Marituba.

##### *Formação Mosqueiro*

Representa a plataforma carbonática ativa do Campaniano ao Mioceno na Bacia de Alagoas. Caracteriza-se pela predominância de calcarenito bioclástico cinzento, composto basicamente de foraminíferos e moluscos, gradando lateralmente para as formações Calumbi e Marituba.

Anteriormente essas rochas eram incluídas no Membro Marituba da Formação Piaçabuçu (Schaller 1969, *apud* Rocha, 2005).

A Formação Mosqueiro ocorre em forma de lentes interdigitada dentro da Formação Marituba. O registro da ocorrência desta formação foi observada em alguns poços perfurados pela CASAL.

#### *Formação Marituba*

Anteriormente, era considerada um membro da Formação Piaçabuçu, e incluía os carbonatos agora individualizados na Formação Mosqueiro (Schaller 1969, *apud* Rocha, 2005). Grada lateralmente para as formações Mosqueiro e Calumbi. Esse arenito foi depositado por leques costeiros do Campaniano ao Holoceno.

Ocorre em subsuperfície, ocupando praticamente toda a área de estudo sobreposta pela Formação Barreiras. Nesta unidade predomina arenito médio a grosso cinzento e seu contato com a Formação Barreiras é caracterizado por um nível de argila cinza a esverdeada. Sua distribuição é bastante irregular com espessuras variáveis, consequência do sistema de “rifteamento” ocorrido no Cretáceo.

Com base nos dados da PETROBRAS, a Formação Marituba ocorre na área de estudo sobreposta a Formação Maceió.

#### b) Grupo Coruripe

No conceito original de Schaller (1969, *apud* Rocha, 2005), o Subgrupo Coruripe englobava as formações Barra de Itiúba, Penedo, Rio Pitanga, Morro do Chaves, Coqueiro Seco e Ponta Verde. Feijó (1994, *apud* Rocha, 2005) propôs sua elevação a grupo, com o acréscimo das formações Poção, Maceió e Muribeca (Rocha, 2005).

#### *Formação Coqueiro Seco*

É constituída por alternâncias monótonas de arcóseos finos a grossos, acastanhados, micáceos e folhelhos sílticos castanhos.

### *Formação Ponta Verde*

É constituída predominantemente por folhelho cinza-esverdeado, acicular, depositado em ambiente lacustre, no Eoaptiano.

### *Formação Maceió*

É formada por intercalações de arcóseo fino a grosso cinza-claro e castanho, folhelho betuminoso castanho com intercalações de anidrita e dolomita, e camadas de halita informalmente denominadas de Evaporitos Paripueira.

#### 1.4.2.2 Formação Barreiras

Formada de clásticos continentais, não-litificados, regularmente compactados em acamamentos mal definidos. A litologia é composta por arenitos argilosos com intercalações subordinadas de argilas e siltitos.

Na área de estudo encontra-se exposta à erosão pela ação do riacho Reginaldo, formando vale em 'V' fechado. Apresenta forma tabular que mergulha suavemente para sudeste e termina em escarpa contra a planície costeira.

Em escala de afloramento Rocha (2005) observou que estes sedimentos se distribuem em extratos cujos acamamentos são praticamente horizontais. Mudanças bruscas na litologia e coloração foram verificadas sugerindo, em alguns casos, falhamentos de gravidade. As cores são variadas, com predominância das tonalidades amarelo-ocre e vermelho-acastanhado, granulação variável, com ocorrências locais de níveis de seixos arredondados à subarredondados, com intercalações de níveis argilosos.

De acordo com os perfis dos poços, a espessura média da Formação Barreiras é de 90 metros. A parte superior desses perfis até a profundidade média de 35 metros exhibe em geral, sedimentos mais argilosos, constituída de arenitos argilosos, argilas arenosas, siltitos, argilas e intercalações de arenitos finos a médios. São, portanto, sedimentos heterogêneos que se

mostram estratificados ou com grande variação lateral e vertical de fácies. A parte inferior dos perfis é formada predominantemente de arenitos finos a grossos, com intercalações argilosas, que vão de creme ao amarelado, contrastando com a porção mais argilosa superior, geralmente avermelhada.

Esses arenitos, por sua vez, estão sobrepostos aos sedimentos das unidades pré-Barreiras, predominantemente sobre a Formação Marituba. Em grande parte da área, o contato com a Formação Marituba é caracterizado por um nível argiloso que vai do cinza ao esverdeado, ou nível de calcário (Formação Mosqueiro) que caracteriza o topo da Formação Marituba.

#### 1.4.2.3 Sedimentos de Praia e Aluvião

De acordo com Rocha (2005), sedimentos de praia e aluvião é a designação informal dos sedimentos recentes que ocorrem na bacia. Sua composição litológica varia em função do ambiente de deposição. Os sedimentos em epígrafe ocorrem na área de estudo no vale do Riacho Reginaldo repousando em discordância sobre a Formação Barreiras. Apresentam uma espessura bastante reduzida média em torno de 2 metros e máxima de 5 metros.

Com base nos perfis dos poços perfurados na planície costeira esses sedimentos são constituídos por areias variadas, com níveis de argilas orgânicas, turfas, paleocorais, limos e vasas, de origem continental ou marinha.

### **1.5 Caracterização Hidrogeológica da Área**

#### 1.5.1 Modelo Hidrogeológico conceitual

Rocha (2005), com base em dados de poços da PETROBRÁS, SEMARH e CASAL e do quadro geológico da figura 1.10, identificou os sistemas aquíferos: Marituba, Barreiras-Marituba, Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião.

Saldanha *et al.* (1988, *apud* Rocha, 2005), utilizando mapas de subafloramento ao nível da discordância pré-Barreiras/Sedimentos de Praia e Aluvião e de contornos paleo-topográficos da discordância pré-Barreiras/Sedimentos de Praia e Aluvião, elaborados a partir de dados dos poços para captação de águas subterrâneas e petróleo classificou os aquíferos da região de Maceió, conforme Tabela 1.1.

***Tabela 1.1 – Classificação dos aquíferos em Maceió quanto a potencialidade***

<b><i>Tipo</i></b>	<b><i>Classificação</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
<i>I</i>	<i>Bons</i>	<i>Formação Barreiras, Formação Marituba e Sedimentos de Praia e Aluvião.</i>
<i>II</i>	<i>Regulares</i>	<i>Formação Poção e Formação Maceió.</i>
<i>III</i>	<i>Pobres</i>	<i>Formações Coqueiro Seco e Formação Ponta Verde.</i>

Fonte: Saldanha *et al.* (1988), *apud* Rocha (2005)

#### 1.5.2 Sistema Aquífero Marituba

De acordo com Rocha (2005) o Sistema Aquífero Marituba não ocorre em superfície, entretanto, como subafloramento Pré-Barreiras e dos Sedimentos de Praia e Aluvião, abrange toda a área de estudo (figura 1.10).

É um dos sistemas aquíferos mais importantes da área, em função da potencialidade e boas condições hidrogeológicas e hidroquímicas, sendo explorado principalmente pela CASAL para abastecimento público.

Em Rocha (2005) é apresentada a seção tipo da PETROBRÁS para este aquífero sendo o mesmo constituído por uma seqüência de arenitos quartzosos médios a grosseiros cinzentos, que passa em profundidade para folhelhos, dolomitos, calcários e arenitos finos. A espessura é bastante variável, com valores entre 13 e 428 metros na área de estudo. Os intervalos arenosos representam 40% da espessura total.

O contato com a Formação Barreiras é caracterizado pela presença de camada de argila cinza esverdeada que ocorre quase sempre no topo desse aquífero. A análise dos perfis dos poços

que penetraram parcialmente esse aquífero indica condições predominantemente de semiconfinamento com drenança, podendo ocorrer também uma condição de semi-livre.

Os parâmetros hidrogeológicos estimados com base em testes em poços parcialmente penetrantes mostram um aquífero de média potencialidade. A capacidade específica média de poços penetrando o aquífero é de 2,562 (m<sup>3</sup>/h)/m e vazão média por poço de 40,242 m<sup>3</sup>/h. (Rocha, 2005)

A recarga é exclusivamente por filtração vertical por meio da Formação Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião.

Na figura 1.12 é apresentado um perfil-tipo de um poço tubular profundo da bateria do Bolão operado pela CASAL, construído na Ladeira do Bolão, no bairro do Farol.

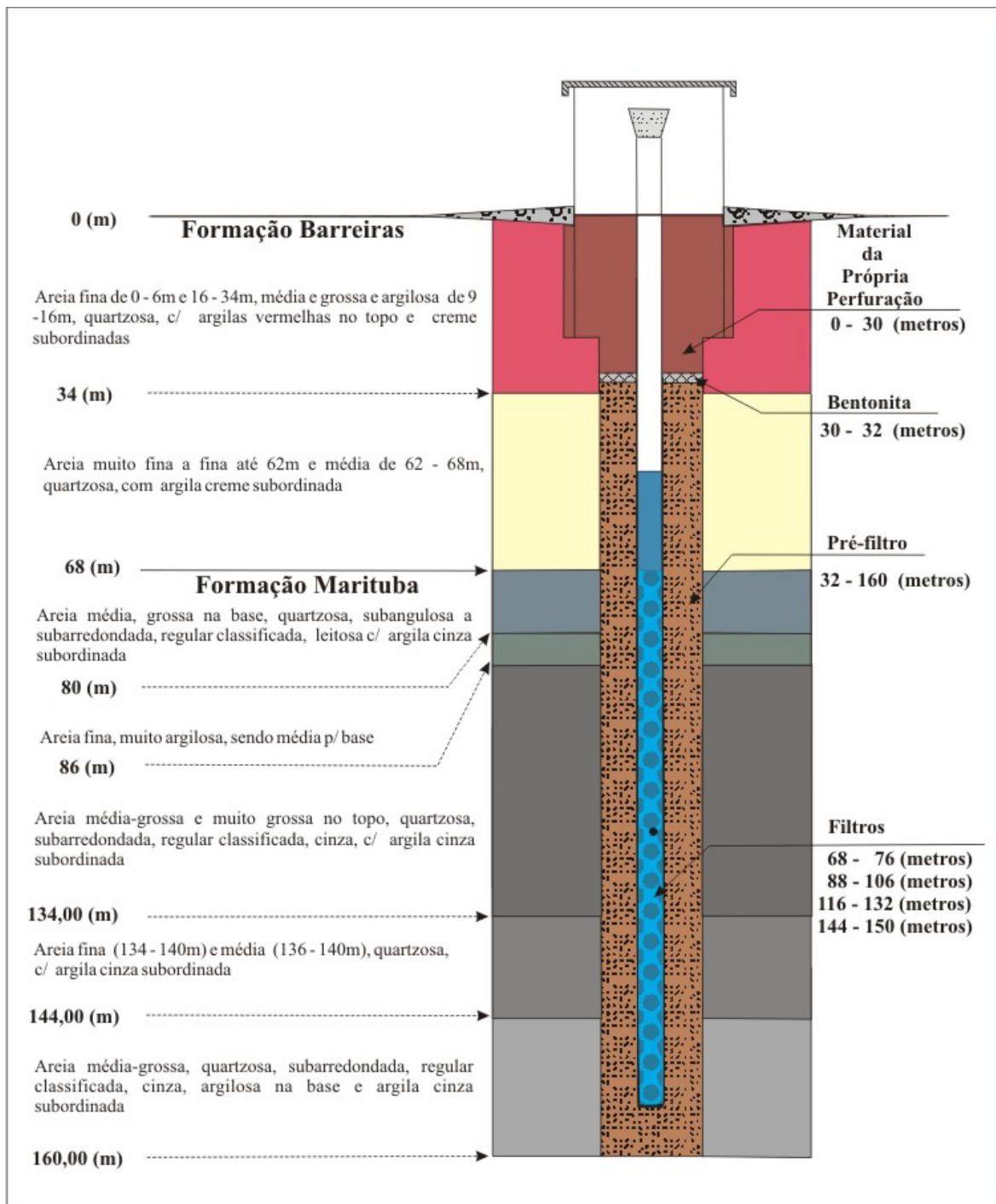
### 1.5.3 Sistema Aquífero Barreiras

Com base na figura 1.10, o Sistema Barreiras com uma área de recarga de 72,302 km<sup>2</sup>, sob a forma de extenso tabuleiro, onde a área de estudo encontra-se totalmente inserida.

Esse aquífero isolado ou em conjunto com a Formação Marituba, representa o principal manancial na região dos tabuleiros, e vem sendo amplamente explorado para abastecimento público, privado e industrial.

Constitui isoladamente um complexo sistema hidrodinâmico, com uma zona livre superior e diversas camadas confinantes e descontínuas que separam horizontes mais permeáveis. A descontinuidade horizontal dos níveis confinantes faz com que o potencial das águas subterrâneas seja comandado pela superfície da zona livre, podendo se comportar como um sistema livre ou semi-livre, conforme a seqüência litológica predominante.

Esta variação litológica, representada por intercalações de níveis arenosos, sílticos e síltico-argilosos, reflete diferentes transmissividades ( $3,3 \times 10^{-2}$  a  $7,0 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s) e condutividades hidráulicas ( $1,1 \times 10^{-3}$  a  $6,6 \times 10^{-8}$  m/s), tanto vertical quanto horizontalmente.



*Figura 1.12– Perfil-tipo de um poço tubular profundo construído no Sistema Aquífero*

*Marituba.*

A transmissividade média é de  $4,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , condutividade hidráulica média  $1,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  e coeficiente de armazenamento de  $2,9 \times 10^{-4}$  (Rocha, 2005).

De acordo com Rocha (2005) esse sistema aquífero apresenta poços com capacidade específica média de 4,845 (m<sup>3</sup>/h)/m e vazão média de 18,236 m<sup>3</sup>/h. Segundo Feitosa (1996) (*apud* Rocha, 2005), com base nos valores médios de transmissividade e condutividade hidráulica esse aquífero é considerado como de média potencialidade.

A recarga por infiltração direta dos excedentes pluviométricos de 567,7mm/ano, obtida no balanço geral é facilitada pela morfologia predominantemente de tabuleiros, com drenagem pouco desenvolvida e incipiente e alto índice e regularidade das precipitações pluviométricas. (Rocha, 2005)

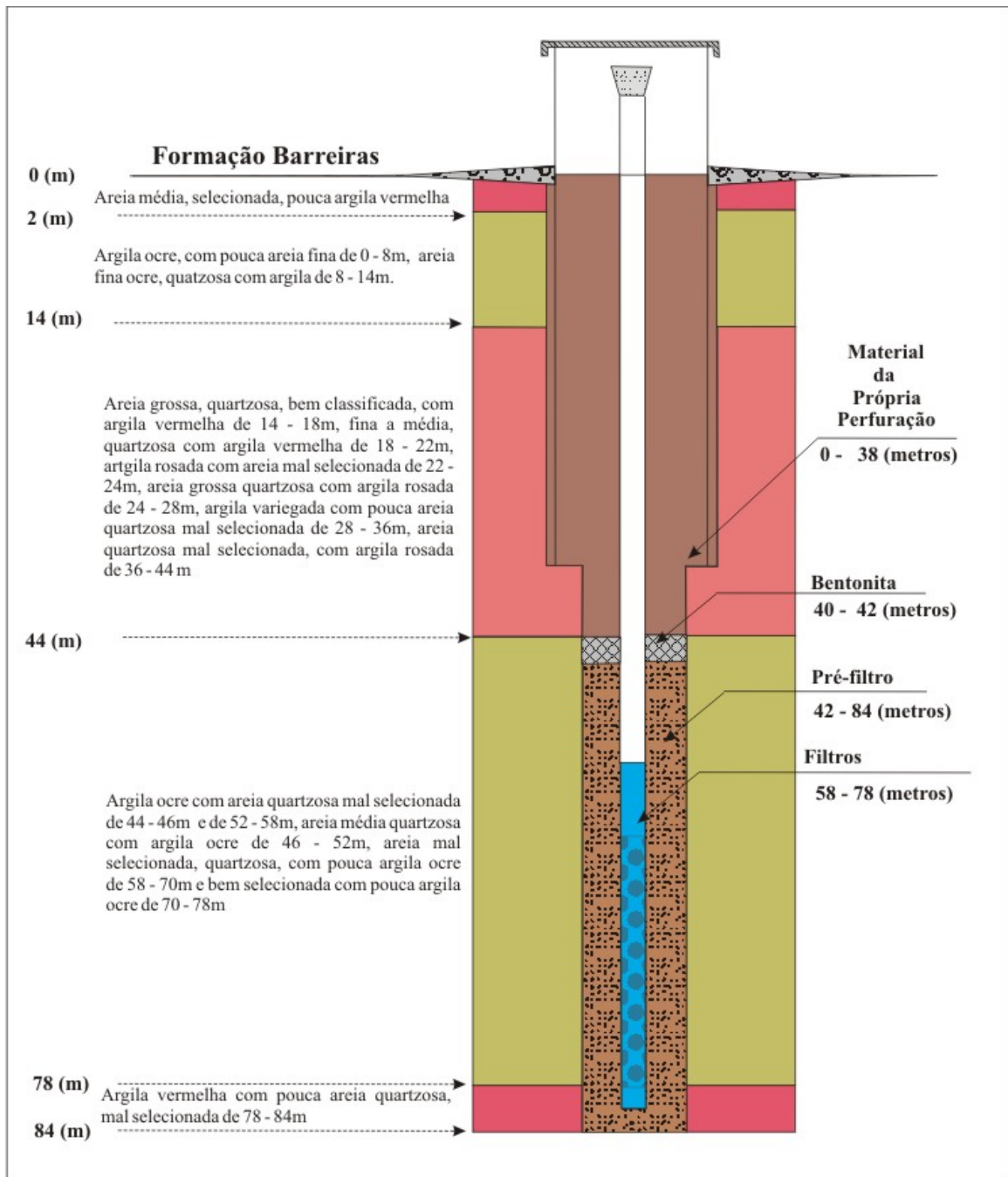
Desempenha um papel importante na alimentação das águas subterrâneas do aquífero Marituba, pois ao longo de toda a sua superfície não urbanizada e pavimentada, recebe recarga das chuvas e secundariamente, por meio dos trechos influentes da drenagem da área, e ainda, das contribuições por vazamentos da rede de abastecimento e saneamento público.

O perfil-tipo de um poço tubular profundo captando na área de estudo esse sistema aquífero pode ser representado pelo poço PM06, situado no Colégio Cristo Rei, na Rua Claudio Livo (figura 1.13).

#### 1.5.4 Sistema Aquífero Barreiras-Marituba

Diversos poços exploram a Formação Barreiras em conjunto com a Formação Marituba, funcionando sob o ponto de vista hidráulico, como um só sistema. É caracterizado, geralmente, por uma zona livre superior e diversos horizontes confinados, cuja potencialidade é comandada pela superfície da zona livre. A análise dos perfis litológicos desses poços indica uma condição predominantemente de semiconfinamento com drenança, podendo ocorrer também, condições de semilivre, quando predominam os clásticos da formação Barreiras.





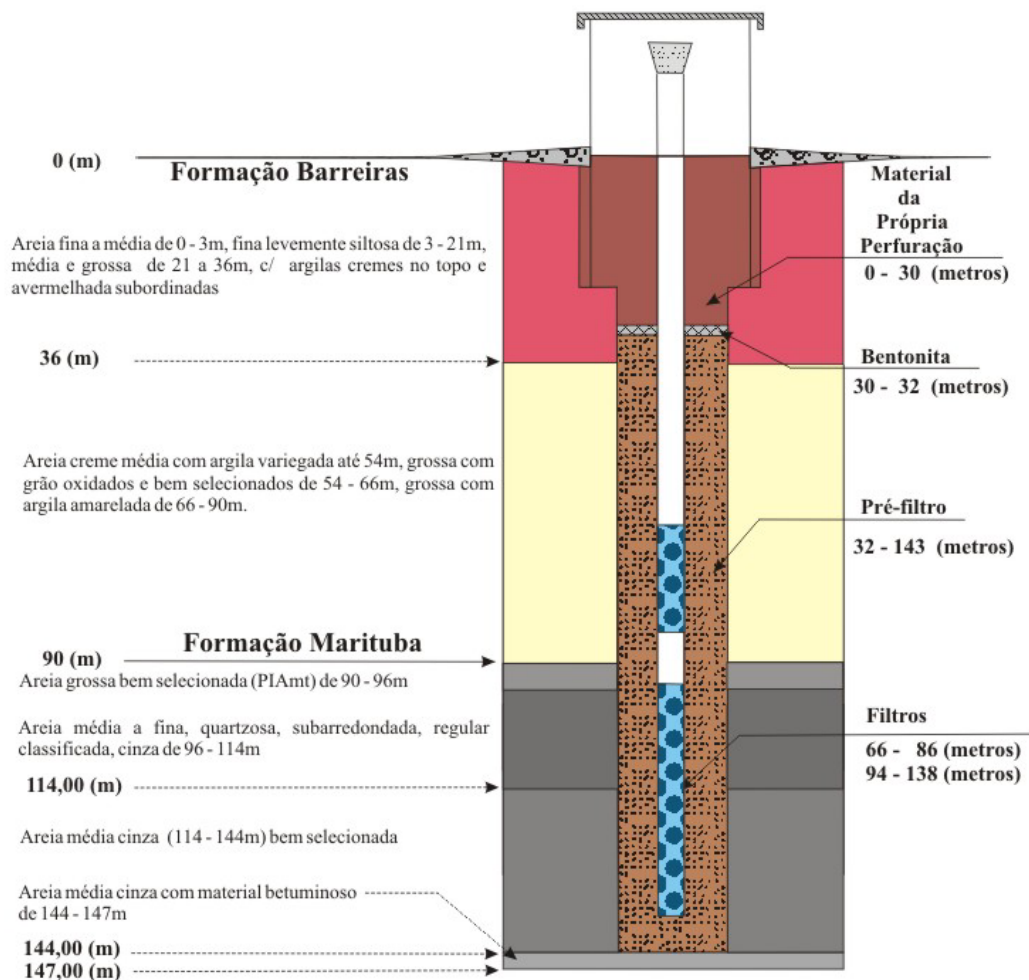
Fonte: Rocha (2005), modificado.

**Figura 1.13– Perfil-tipo de um poço tubular profundo captando o Sistema Aquífero Barreiras.**

As condições hidrogeológicas deste sistema variam localmente. Costa & Santos (1974, *apud* Rocha, 2005) encontraram na bateria do Reginaldo um sistema bastante anisotrópico com grande variação de fácies e descontínuos horizontes argilosos. Os valores dos parâmetros hidrodinâmicos indicam, de um modo geral, uma potencialidade média para esse sistema

aquífero, com transmissividade (T) média de  $6,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , condutividade hidráulica (K) média de  $1,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  e coeficiente de armazenamento (S) de  $1,3 \times 10^{-4}$ . Os poços atravessam a Formação Barreiras e penetram parcialmente a Formação Marituba, com profundidade média de 119,36 metros, capacidade específica média de  $6,531 \text{ (m}^3/\text{h)/m}$  e vazão média  $69,002 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Na figura 1.14 é apresentado um perfil-tipo do poço (PM04) captando o Sistema Aquífero Barreiras-Marituba, situado no Reservatório R2A da CASAL, na rua Virgílio de Campos, no bairro do Farol.



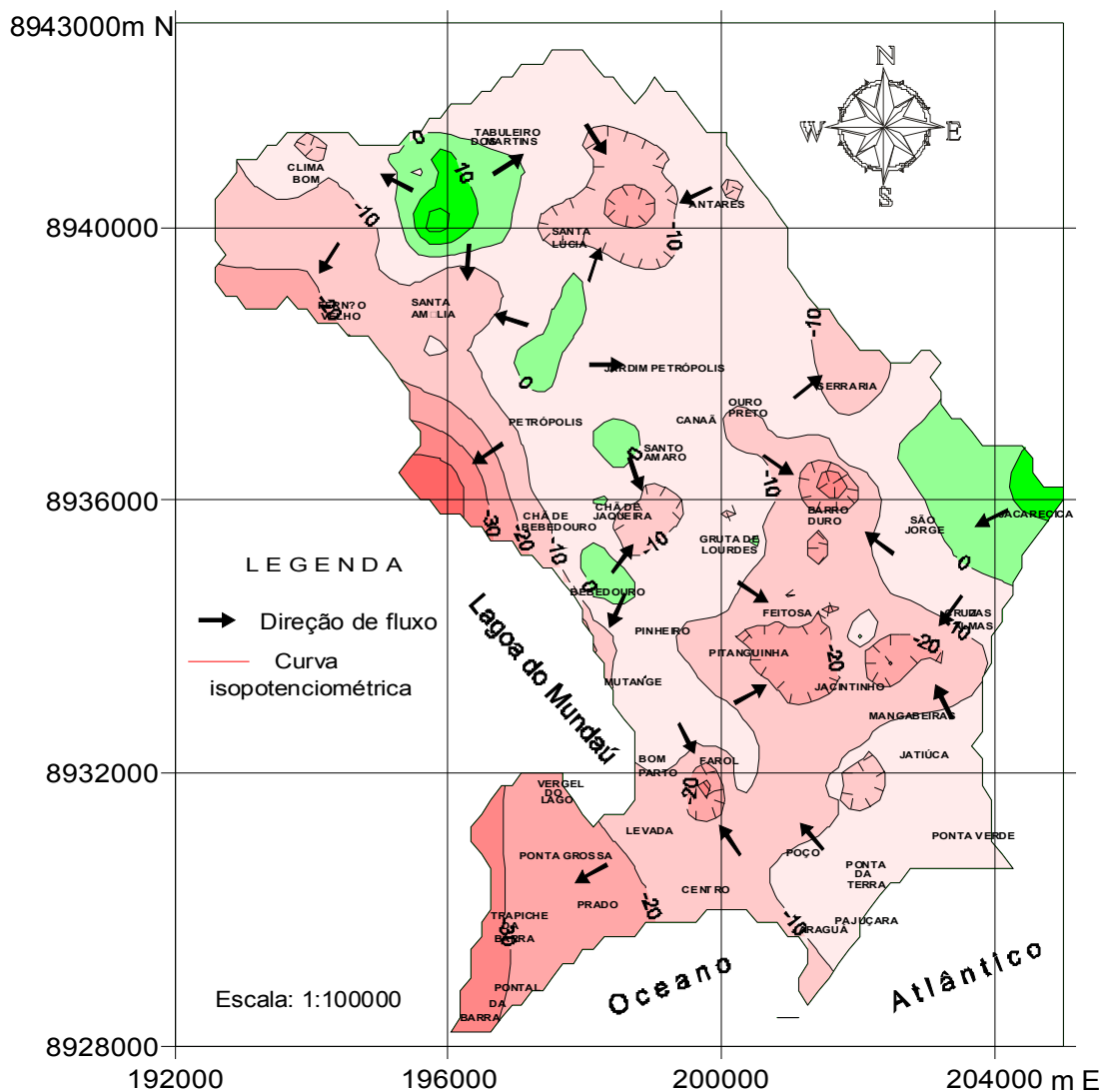
Fonte: Rocha (2005), modificado.

**Figura 1.14– Perfil-tipo de um poço tubular profundo captando o Sistema Aquífero Barreiras-Marituba.**

### 1.5.5 Potenciometria da área de estudo

Rocha (2005) estudou as condições de recarga, acumulação e circulação de águas subterrâneas em Maceió, afirmando que estas condições são controladas pelas feições geológicas, estruturais, morfológicas e, principalmente climáticas, cujas características determinam o potencial de exploração desses recursos hídricos.

Rocha (2005) avaliou a variabilidade das recargas no período de 1980 a 2003 e apresentou a evolução potenciométrica ao longo do tempo em função da exploração nos sistemas aquíferos Barreiras e Marituba, conforme apresentado na figura 1.15.



**Figura 1.15– Mapa da variação potenciométrica (1980 e 2003).**

A recarga dos sistemas aquíferos em Maceió ocorre, principalmente, pela infiltração direta das águas de chuva, favorecida pelo alto índice pluviométrico, e infiltração de parte das águas que escoam nas calhas fluviais, nos trechos em que os rios são influentes, favorecidas pela morfologia predominantemente de tabuleiros com drenagem pouco desenvolvida e incipiente. Rocha (2005) considera as contribuições por transferência de um aquífero para outro a ele sotoposto, por drenança vertical ascendente de aquíferos inferiores (estratigraficamente) com maior carga potenciométrica e contribuições por vazamentos na rede de distribuição de água e na rede coletora de esgotos e galerias pluviais. Nas áreas onde não existe rede de esgoto existe uma contribuição por infiltração de efluentes líquidos das em fossas sépticas.

Barroso (2001), estudando o sistema aquífero Barreiras/Marituba em Maceió, estimou com base em uma lâmina média infiltrada de 369 mm/ano, recarga de  $58,191 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  para uma área de  $157,7 \text{ km}^2$ .

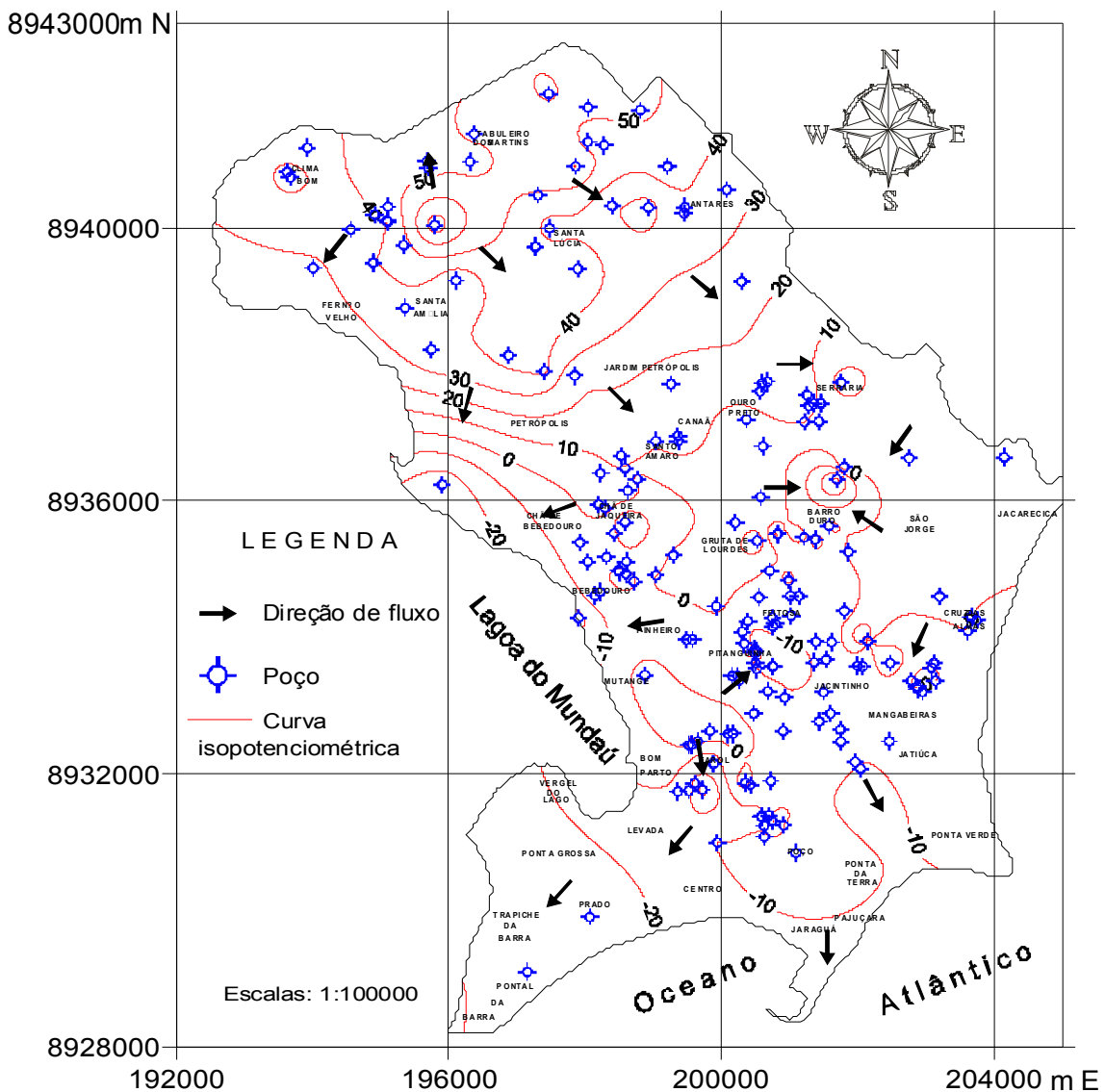
Ferreira Neto *et al.* (2000), por meio do balanço hídrico de Thornthwait e Mather (1955), estimaram para uma área de  $50 \text{ km}^2$ , localizada em Maceió, ao norte da área de estudo, a recarga anual de água subterrânea como parcela correspondente ao excedente hídrico contabilizado, associado à probabilidade de ocorrência (tabela 1.2).

Rocha (2005) apresenta o mapa potenciométrico do período de 2001 a 2003, ilustrado na figura 1.16.

***Tabela 1.2 – Estimativa da recarga anual em Maceió.***

Período de retorno (anos)	2	5	10	20	50	100
Probabilidade (%)	50	80	90	95	98	99
Excedente hídrico (mm/ano)	505,5	349,6	288,4	245,9	205,6	182,4

Fonte: Ferreira Neto *et al.* (2000)



Fonte: Rocha (2005)

**Figura 1.16– Mapa potenciométrico (2001/2003).**

## 1.6 Vulnerabilidade do aquífero na área de estudo

Cavalcante (2003), aplicando o método **GOD** (Condições do aquífero – **G**, Substrato litológico penetrado pelo poço – **O** e Distância da água - **D**), desenvolvido por Foster (1978), representou a espacialização do grau de vulnerabilidade do aquífero Barreiras, na região de Maceió. O método consiste na determinação dos seguintes parâmetros:

Condições do aquífero – **G**;

- Livre ou não confinado;
- Não confinado com cobertura;
- Confinado; e
- Surgente.

Substrato litológico penetrado pelo poço – **O**; e

- Grau de consolidação; e
- Caráter litológico.

Distância da água - **D**.

- Nível estático para o aquífero livre; e
- Teto do aquífero confinado.

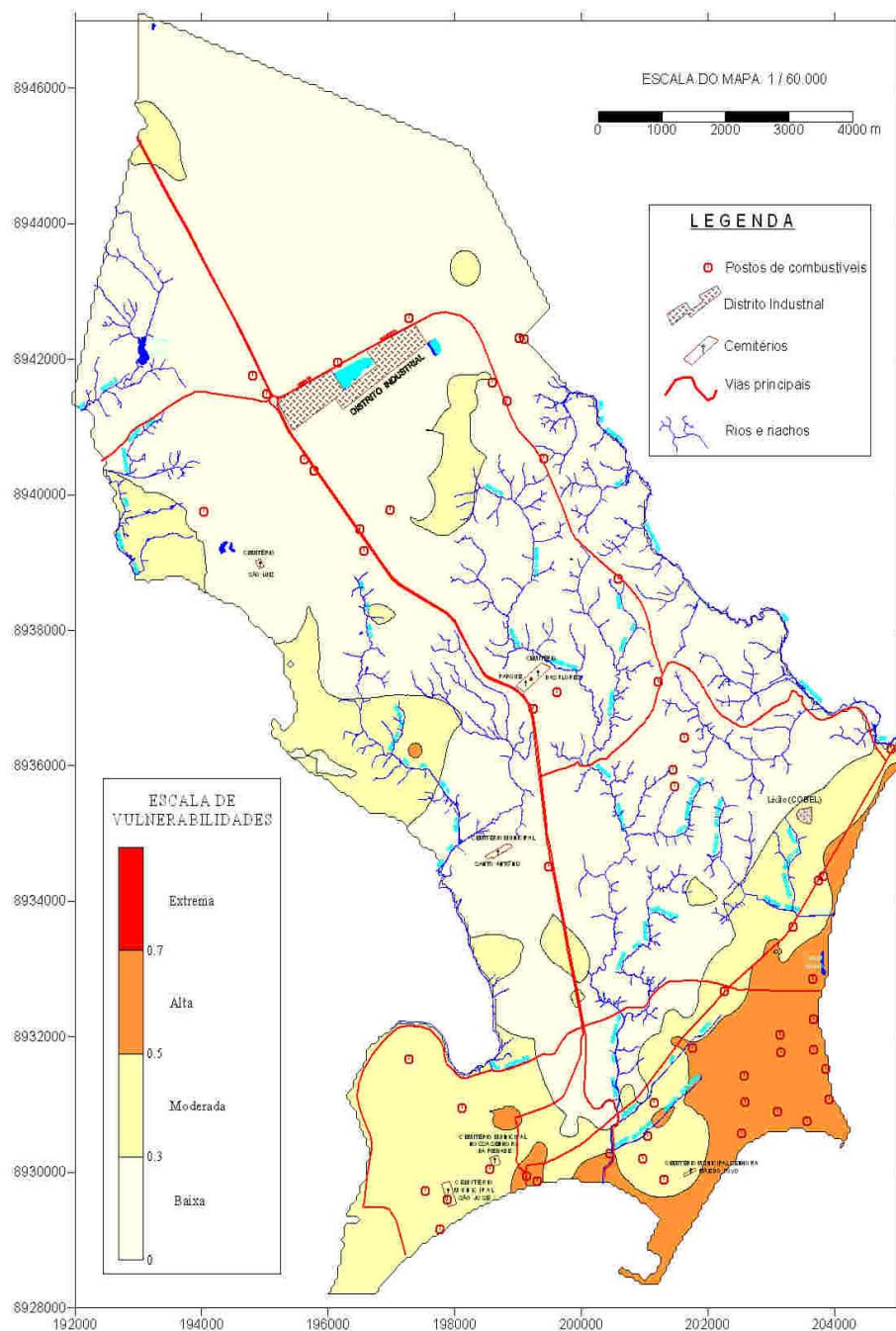
Neste estudo, Cavalcante (2003) gerou um mapa com a classificação da região de Maceió, quanto à vulnerabilidade, sendo atribuído para cada um desses parâmetros um valor cujo produto ou índice qualitativo, indica o grau de vulnerabilidade: nulo, baixo, médio, alto e extremo.

***Tabela 1.3 - Graus de Vulnerabilidade de Aquíferos pelo Método GOD***

<i>GRAU DE VULNERABILIDADE</i>	<i>OCORRÊNCIA</i>
Nula	Não ocorre aquífera, quer pela ausência de água em quantidade e aproveitável, quer pela baixa qualidade natural
Baixa	Vulnerável a apenas compostos extremamente móveis e persistentes, como sais, nitratos e alguns solventes organo-sintéticos
Média	Susceptível a contaminantes moderadamente móveis e persistentes, como hidrocarbonetos, halogenados ou não e alguns metais pesados. Sais menos solúveis são também incluídos neste grupo
Alta/extrema	Sensibilidade para contaminantes degradáveis, como bactérias e vírus.

Fonte: Cavalcante (2003)

A figura 1.17, a seguir, apresenta o mapa de vulnerabilidade desenvolvido por Cavalcante (2003):



Fonte: Cavalcante (2003)

**Figura 1.17 – Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos na região urbana de Maceió**

De acordo com a figura 1.17, o bairro do Farol apresenta vulnerabilidade baixa sendo moderada na área ocupada pelo CEAGB.

### **1.7 Abastecimento de água e esgotamento sanitário no bairro Farol**

O bairro do Farol tem cobertura de 100% no abastecimento de água, e possui rede coletora de esgotos em 75% do bairro, porém apenas 7,8% dos domicílios encontram-se ligados à rede coletora, sendo os demais atendidos por sistemas de tratamento por fossa séptica e sumidouro. A opção do abastecimento por água subterrânea apresenta algumas vantagens inquestionáveis. A primeira consiste na qualidade da água bruta, consequência da percolação através dos interstícios granulares do solo, permitindo, salvo casos de grande vulnerabilidade e contaminação dos aquíferos, prescindir da quase totalidade das etapas de tratamento inerentes a potabilização. Desta forma reduz-se drasticamente os custos com tratamento, restringindo-o a desinfecção, fluoretação e eventual correção do pH (Libânio, 2005).

Apesar da condição da CASAL de atendimento a 100% da população do bairro, com água tratada, muitos são os usuários que possuem poço tubular profundo, como fonte principal de abastecimento, a exemplo de clínicas, hospitais, laboratórios, postos de gasolina, edifícios e condomínios residenciais, escolas, dentre outros. A justificativa observada em visita nas áreas de amostragem, recai pela descontinuidade do abastecimento pela CASAL, em locais onde é imprescindível o abastecimento contínuo. Outras justificativas recaem para o custo da água para uso comercial e condominial.

Quanto ao sistema de esgotamento, como foi afirmado anteriormente, o bairro do Farol é assistido pela rede coletora de esgotos, que atualmente, segundo dados da CASAL (2008), atende a 75% do bairro. Porém o que é observado na prática, é um número diminuto de domicílios ligados, sendo concentradas as ligações em empreendimentos que, por sua demanda, necessitariam de grandes áreas para tratamento de efluentes, estando portanto



ligados a rede coletora do município. Esses números são apresentados pela operadora do sistema de esgotos de Maceió, CASAL, que coleta esgotos de apenas 7,8% (1.434 ligações) das economias do bairro, de um total de 18.227 domicílios (CASAL 2008).

A figura 1.18 a seguir, representa esquematicamente a rede coletora de esgotos do bairro do Farol, com sua disposição final no emissário submarino de Maceió.



Fonte: Google earth (2008)

**Figura 1.18– Rede coletora de esgotos do bairro do Farol, em Maceió (linhas em vermelho)**

Em pesquisa de campo, foi constatado que as ligações de esgoto à rede coletora tem, em sua grande maioria, usuários comerciais, escolas, clínicas, hospitais, edifícios residenciais recentes, sendo as residências e pequenos estabelecimentos comerciais usuários de sistemas individuais de tratamento de efluentes (fossas com sumidouros).

## **CAPITULO 2**

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A maior parte do nitrogênio terrestre encontra-se na atmosfera, que é constituída em aproximadamente 78% de gás N<sub>2</sub> (Braga *et al.*; 2002). O nitrogênio é estável nestas condições e espécies oxidadas (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou reduzidas (NH<sub>3</sub>) não são produzidas diretamente na atmosfera, mas formadas por meio de descargas elétricas (tempestades) que ocorrem na alta atmosfera onde processos fotoquímicos transformam o nitrogênio atmosférico em compostos oxidados, carregados para a superfície através da precipitação (Chapelle, 2000), ou pela ação de bactérias fixadoras de nitrogênio. As bactérias fixadoras de nitrogênio podem ser de três tipos: organismos simbióticos, de vida livre e fotossintéticos. Entre os simbióticos destaca-se a espécie *Rhizobium*, que vive em associação simbiótica (mutualismo) em raízes leguminosas (p.ex., ervilha, soja, feijão etc). Estes organismos são muito importantes na agricultura, sendo a rotação de culturas com leguminosas considerada uma alternativa ecológica ao uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Braga *et al.* 2002). Dentre os organismos de vida livre encontra-se bactérias aeróbias, como a *nitrogeniobacter*, e bactérias anaeróbias, como a *clostridium*, além de algas como as *cianofíceas*. Já entre as bactérias fotossintéticas, as *Rhodospirillum* são as mais importantes (Braga *et al.* 2002).

Dentre os dois processos de fixação de nitrogênio, o biológico é o mais importante. Dos 140 a 700 mg/m<sup>2</sup>/ano de nitrogênio fixados pela biosfera como um todo, somente cerca de 35mg/m<sup>2</sup>/ano são fixados por mecanismos físico-químicos (Odum, 1971 *apud* Braga *et al.* 2002). Na fixação do nitrogênio por meios biológicos, os organismos simbióticos produzem pelo menos cem vezes a quantidade produzida pelos organismos de vida livre (Braga *et al.* 2002).

## 2.1 O Ciclo do nitrogênio

O ciclo do nitrogênio é um ciclo gasoso, formado por seis mecanismos bastante diferenciados e importantes, a saber:

### 2.1.1 Fixação

A fixação é o processo através do qual o nitrogênio é capturado da atmosfera em estado gasoso ( $N_2$ ) e convertido em formas úteis para outros processos químicos, tais como: amoníaco ( $NH_3$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e nitrito ( $NO_2^-$ ). Esta conversão pode ocorrer através de vários processos, os quais são descritos nas seções seguintes:

- a) Fixação Biológica - Algumas bactérias têm a capacidade de capturar moléculas de nitrogênio ( $N_2$ ) e transformá-las em componentes úteis para os seres vivos restantes. Entre estas, existem bactérias que estabelecem uma relação de simbiose com algumas espécies de plantas (leguminosas) e bactérias que vivem livres no solo. A simbiose é estabelecida através do consumo de amoníaco por parte das plantas; amoníaco este que é produzido pelas bactérias que vivem nos caules das mesmas plantas.
- b) Fixação Atmosférica - A fixação atmosférica ocorre através dos relâmpagos, cuja elevada energia separa as moléculas de nitrogênio e permite que os seus átomos se liguem com moléculas de oxigênio existentes no ar formando monóxido de nitrogênio (NO). Este é posteriormente dissolvido na água da chuva e depositado no solo. A fixação atmosférica contribui com cerca de 5 - 8% de todo o nitrogênio fixado.
- c) Fixação Industrial - Através de processos industriais (nomeadamente o processo de Haber-Bosch) é possível produzir amoníaco ( $NH_3$ ) a partir do gás nitrogênio ( $N_2$ ) e hidrogênio ( $H_2$ ). O amoníaco é produzido principalmente para uso como fertilizante cuja aplicação sustenta cerca de 40% da população mundial.

- d) Combustão de combustíveis fósseis - A combustão decorrente dos motores dos automóveis e de centrais de energia liberta monóxido e dióxido de Nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ). Estes gases são posteriormente dissolvidos na água da chuva e depositados no solo.

### 2.1.2 Nitrificação

A oxidação do amoníaco, conhecida como nitrificação, é um processo que produz nitratos a partir do amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Este processo é levado a cabo por bactérias (bactérias nitrificantes) em dois passos: numa primeira fase o amoníaco é convertido em nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) e numa segunda fase (através de outro tipo de bactérias nitrificantes) os nitritos são convertidos em nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) prontos a ser assimilados pelas plantas.

### 2.1.3 Assimilação

Os nitratos formados pelo processo de nitrificação são absorvidos pelas plantas e transformados em compostos carbonados para produzir aminoácidos e outros compostos orgânicos de nitrogênio. A incorporação do nitrogênio em compostos orgânicos ocorre em grande parte nas células jovens no crescimento das raízes.

### 2.1.4 Mineralização (amonificação)

Através da mineralização ou decomposição, a matéria orgânica morta é transformada no íon de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) por intermédio de bactérias aeróbicas, anaeróbicas e alguns fungos.

### 2.1.5 Desnitrificação

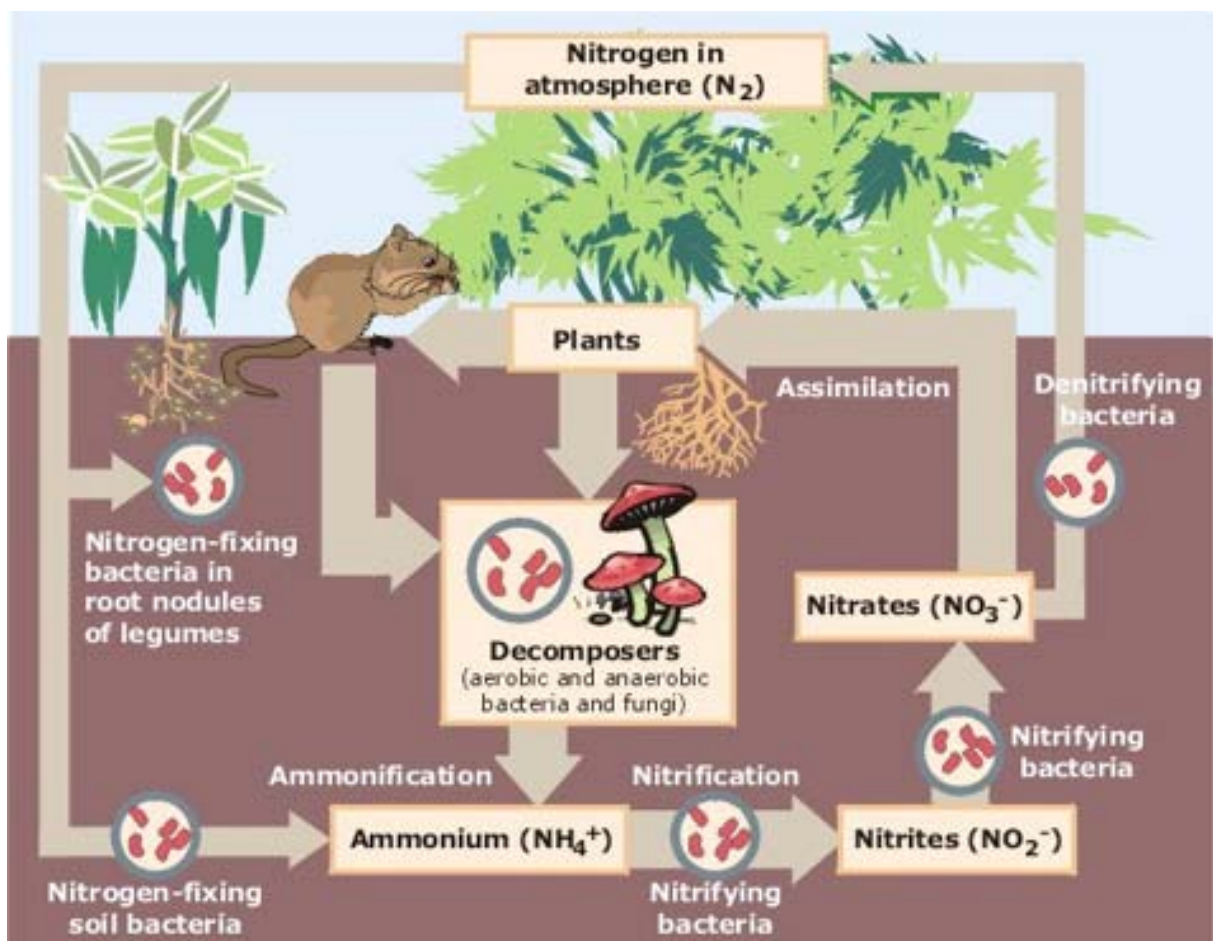
A desnitrificação é o processo pelo qual o nitrogênio volta à atmosfera sob a forma de gás quase inerte ( $\text{N}_2$ ). Este processo ocorre através de algumas espécies de bactérias (tais como *Pseudomonas* e *Clostridium*) em ambiente anaeróbico. Estas bactérias utilizam nitratos

alternativamente ao oxigênio como forma de respiração e libertam nitrogênio em estado gasoso ( $N_2$ ).

### 2.1.6 Eutrofização

A eutrofização corresponde a alterações de um corpo de água como resultado de adição de nitrogênio ou fósforo. Os compostos de nitrogênio existentes no solo são transportados através dos cursos de água, aumentando a concentração nos depósitos de água, o que pode fazer com que estes sejam sobre-populados por certas espécies de algas podendo ser nocivos para o ecossistema envolvente.

A figura 2.1 representa esquematicamente o ciclo do nitrogênio.



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_do\\_nitrog%C3%AAnio#Nitrifica.C3.A7.C3.A3o](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_do_nitrog%C3%AAnio#Nitrifica.C3.A7.C3.A3o)

**Figura 2.1– Ciclo do nitrogênio**

## 2.2 O ciclo do nitrogênio e a intervenção humana

Como resultado da utilização intensiva de fertilizantes e da poluição resultante dos veículos e centrais energéticas, o homem aumentou significativamente a taxa de produção de nitrogênio utilizável biologicamente. Esta alteração leva a alterações da concentração deste nutriente, moderadamente em depósitos de água (através da eutrofização), e ao excessivo crescimento de determinadas espécies deteriorando o ambiente que as rodeia (Reis, 2000).

### 2.2.1 Poluição

Segundo Reis (2000) a poluição provocada pelas influências antropogênicas do ciclo do nitrogênio pode manifestar-se das seguintes formas:

- a) **Óxido nitroso ( $N_2O$ )** - gás libertado essencialmente por via da combustão e o fato de ser pouco reativo na troposfera permite exercer os seus efeitos nocivos durante muitos anos. O seu efeito na estratosfera assenta na deterioração da camada protetora de ozônio com influências das radiações ultravioletas.
- b) **Óxidos do Nitrogênio ( $NO_x$ )** - particularmente o monóxido e o dióxido do nitrogênio são altamente reativos, com vidas relativamente curtas, por isso as alterações atmosféricas são apenas detectadas a nível local e regional. Estas alterações manifestam-se principalmente através de nevoeiro fotoquímico, que tem consequências perigosas para a saúde humana, assim como para a produtividade dos ecossistemas. O dióxido do nitrogênio transformado em ácido nítrico compõem a chuva ácida, que destrói monumentos e acidifica solos e sistemas aquáticos, desencadeando profundas alterações na composição das suas comunidades bióticas.
- c) **Nitratos ( $NO_3^-$ )** - que contaminam águas que ao serem ingeridas provocam várias disfunções fisiológicas.

Apesar dos ecossistemas terrestres serem vulneráveis ao excesso de nitrogênio, os sistemas aquáticos são os que mais sofrem, porque são os receptores finais do excedente do nitrogênio que chega por escorrência ou através de descargas diretas de efluentes não tratados.

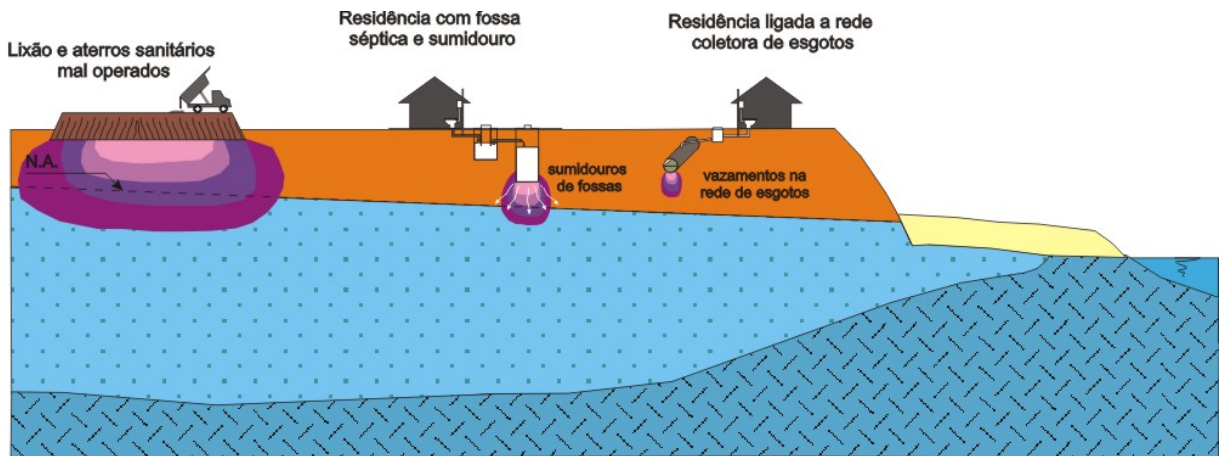
### **2.3 Alterações nas características das águas subterrâneas**

Às mencionadas vantagens do abastecimento por águas subterrâneas em relação às superficiais, soma-se menor vulnerabilidade à poluição. Porém, segundo menciona Libânio (2005) no período de 1971 a 1994, foram registrados 650 surtos de Doenças de Transmissão Hídricas – DTH nos Estados Unidos, com 580 mil pessoas infectadas, 58% delas associadas à água subterrânea e 33% à água superficial.

A perspectiva de contaminação dos aquíferos relaciona-se com diversos fatores, principalmente o tipo de solo e a profundidade, tornando evidente que os aquíferos livres são significativamente mais susceptíveis aos efeitos das ações antrópicas do que os confinados e semi-confinados (Libânio, 2005).

Embora o impacto de cada fonte de poluição ou contaminação varie em função das características do solo e profundidade dos aquíferos, em termos de poluição de origem urbana destacam-se como relevantes: vazamentos nas redes coletoras de esgotos, sumidouros de fossas sépticas, lixões e aterros sanitários mal operados, lagoas de estabilização e lançamentos de efluentes diretamente no solo. A figura 2.2 representa esquematicamente, fontes de poluição e contaminação urbana no solo e aquíferos:





**Figura 2.2 – Fontes de poluição em águas subterrâneas em zonas urbanas**

## 2.4 Contaminação das águas subterrâneas por nitratos

O potencial de poluição da água subterrânea depende:

- Das características, da quantidade e da forma de lançamento do poluente no solo. Quanto maior a persistência ou menor capacidade de degradação e maior sua mobilidade no meio solo e água subterrânea, maior o potencial. Aliado a isso, uma pequena quantidade de poluentes em regiões muito chuvosas, pode transportar rapidamente as substâncias para as águas subterrâneas, mesmo considerando a capacidade do solo em atenuar os efeitos.
- Da vulnerabilidade intrínseca do aquífero. A vulnerabilidade de um aquífero pode ser entendida como o conjunto de características que determinam o quanto ele poderá ser afetado pela carga de poluentes. São considerados aspectos fundamentais da vulnerabilidade: o tipo de aquífero (livre a confinado), a profundidade do nível d'água, e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia (argila a cascalho).

Uma vez poluídas ou contaminadas, as águas subterrâneas demandam um elevado dispêndio de recursos financeiros e humanos para sua remediação, o que de modo geral é atingido ao

final de vários anos. Desta forma, devem ser tomadas medidas preventivas para sua proteção, associadas ao controle de poluição como um todo, definindo-se critérios de qualidade iniciando-se pelo estabelecimento de valores orientadores.

#### 2.4.1 Íons Nitrato

O íon ( $\text{NO}_3^-$ ) possui grande mobilidade que pode facilmente ser removido das camadas superiores do solo para a água subterrânea. As águas subterrâneas dissolvem geralmente, teores de nitrato que variam entre 0,1 a 10 mg/L. Contudo, em águas poluídas, os teores podem atingir valores na ordem dos 200 mg/L e em casos mais extremos 1.000 mg/L. (E-GEO, 2008)

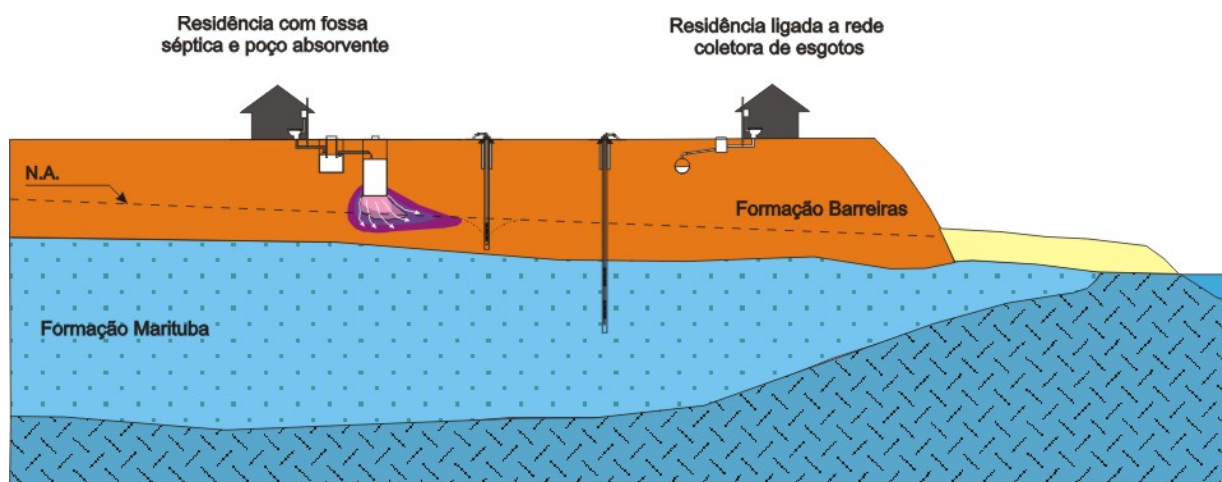
O nitrato provém da utilização de adubos na agricultura, dos produtos de dejetos da criação de animais e de sistemas sépticos deficientes, podendo ser altamente prejudicial para a saúde humana. Teores acima dos 3 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea (Barbosa, 2005). Altas concentrações de nitrato são extremamente perigosas para as crianças, podendo produzir grandes malefícios para a saúde e, em casos mais extremos, provocar a morte por cianose. O nitrato também tem ação na produção de nitrosaminas no estômago do homem, que são substâncias tidas como sendo cancerígenas.

De acordo com Barroso (2001), as contaminações das águas subterrâneas podem ter origens diversas sendo atualmente mais comuns aquelas relacionadas diretamente com a atividade industrial, doméstica e agrícola.

Segundo a classificação estabelecida pelo Office of Technology Assessment (OTA) do Congresso dos Estados Unidos, modificado por Fetter (*apud* Barroso, 2001), as fossas sépticas – águas residuais e esgotos domésticos podem ser considerados como uma fonte de contaminação.

Desta forma, considerando a existência de sistema coletor de esgotos público em cerca de 75% do bairro do Farol, em Maceió, com apenas 7,8% de domicílios ligados a rede, tendo as unidades habitacionais ou condominiais, soluções individuais para disposição final dos efluentes líquidos domésticos. A coleta dos efluentes passa a ser por meio de fossas sépticas que drena para um ou dois sumidouros (poço escavado com diâmetro médio de 2,5 metros e profundidade média de 40 m) (Barroso, 2001).

Como este tipo de sistema requer dimensionamento adequado e manutenção periódica, acabam se tornando ineficientes com o passar do tempo, provocando, devido a impermeabilização do sumidouro, extravasamento para lagoas escavadas nas proximidades ou conduzidos para a rede coletora de águas pluviais. Outro problema associado a este tipo de solução é manutenção das fossas sépticas com a remoção do lodo, que, se não realizadas periodicamente, conduzem os efluentes sem um tratamento completo para os sumidouros, que por sua vez contaminam as zonas de infiltração, muitas vezes interligadas por camadas permeáveis aos aquíferos Barreiras e Marituba (figura 2.3).



**Figura 2.3 - Esquema de sistema de esgotamento sanitário por fossa séptica e de poço**

Barroso (2001) demonstra a presença do íon nitrato nas águas subterrâneas no bairro Farol, em Maceió, citando que sua ocorrência pode ser advinda de águas residuais e esgotos domésticos, aliados ou não, a rompimentos de fossas sépticas ou redes de esgotos.

#### 2.4.2 Toxicidade dos Nitratos e Nitritos

Em estudo realizado no sul de Louisiana (EUA), Torres (1993, *apud* Turra e Ayab, 1999) apresenta por meio de um experimento com populações negras que ingeriam nitratos por determinado período de tempo, a comprovação da associação entre o consumo do nitratos e o aparecimento do câncer gástrico, como também que o risco é maior em indivíduos que possuíam o hábito de fumar e de ingerir bebidas alcóolicas.

Inúmeros casos de intoxicação acidental foram detectados, com a ingestão intencional ou exposição industrial de nitratos, na Venezuela em 1992. Em sua pesquisa Reyes *et al* (1993, *apud* Turra e Ayab, 1999) apresentam o caso de um paciente que apresentou cianose, hipotensão, metahemoglobinemia e coma, após consumir alimentos que possuíam nitratos em sua formulação.

Na mesma pesquisa de Reyes *et al* (1993), são citados os casos ocorridos em 1989, onde foram atendidos três adultos, na Venezuela, em hospital público, sendo um paciente de 78 anos, que apresentou o quadro clínico característico da intoxicação por nitratos (cianose, assistolia e coma) falecendo em seguida, e outro ocorrido em 1990, onde 30 pessoas se intoxicaram em um jantar, no qual se utilizou o nitrato de potássio no preparo dos alimentos. Todos os comensais apresentaram taquipnéia e cianose.

A toxidade dos nitratos em grandes doses foi verificada no século XVII, quando este produto era utilizado como diurético. Desde 1968, o FDA (Food and Drug Administration), dos Estado Unidos da América, realizou estudos relativos à possível substituição destes conservantes por outros menos tóxicos. (Anjos, 1996, *apud* Turra e Ayab, 1999).

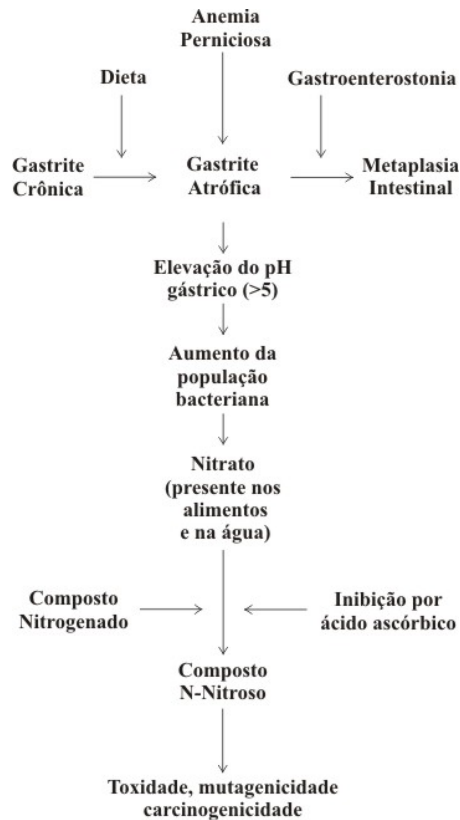
Evidências sugerem que os nitratos também podem exercer ação cancerígena direta e o seu consumo pode estar associado com altas taxas de leucemia e de câncer no seio (Hughes, 1994, *apud* Turra e Ayab, 1999).

Há várias referências de estudos de casos de contaminação da água subterrânea por nitratos. Barbosa (2005) estudou o caso de contaminação por nitratos no bairro de Piranema, no município de Soropédica-RJ, tendo encontrado contaminação parcial do bairro por fonte antrópica e multi-pontual oriunda do Sistema de Saneamento *in situ* do tipo fossa séptica e valas de infiltração.

A maioria dos trabalhos experimentais envolvendo nitratos ingeridos pelo homem, presentes na água consumida ou em alimentos, tem sido relatado a metahemoglobinemia como o efeito tóxico mais freqüente.

Gestantes que receberam água potável contendo nitrito de potássio apresentaram mortalidade pré-natal, reabsorção fetal e diminuição do peso do feto. (Miranda, 1993, *apud* Turra e Ayab, 1999).

Como mostrado na figura 2.4, observa-se a ligação entre a ingestão do nitrato e o aparecimento do câncer gástrico.



Fonte: Miranda, 1993, *apud* Turra e Ayab, 1999

**Figura 2.4– Diagrama esquemático da ligação entre nitrato e câncer gástrico**

## 2.5 Métodos de remediação da contaminação por nitrato

Os métodos mais conhecidos e utilizados para remediação de aquíferos contaminados por nitratos são:

### 2.5.1 Desnitrificação

Processo em que o nitrato é transformado biologicamente no aquífero, por meio de uma série de componentes intermediários, em nitrogênio molecular, gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) ou óxido nítrico (N<sub>2</sub>O). Este processo tem como vantagens (Cesárino, 2002, *apud* Barbosa, 2005):

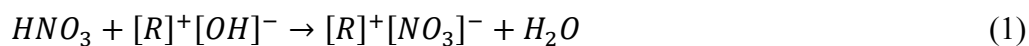
- (a) A maioria dos microorganismos não utilizam o nitrogênio molecular, exceto bactérias fixadoras de nitrogênio;

(b) Melhoria da qualidade da água, já que dificilmente os produtos da reação retornam à forma de nitrato no aquífero.

Cesárino (2002) *apud* Barbosa (2005), também observou em suas pesquisas sobre métodos de mitigação da contaminação de aquíferos por nitratos, que vários tipos de materiais atuam como aceptores de elétrons, tais como: glucose, acetato, aspartato, propanol, butanol, pantanol, glicol, ácido fórmico, melação e nata de leite. Já como barreiras reativas, este mesmo autor testou serragem, enxofre elementar, palha de aço e papel jornal.

### 2.5.2 Troca iônica

Este processo consiste na passagem da água contaminada por nitratos por um sistema denominado *single-bed*, que funciona a partir da entrada da água contaminada e a sua posterior divisão em dois fluxos. Um com 25% da vazão inicial e outro com 75%. A vazão maior percorre as colunas de troca aniônica de bases fortes onde, após a saída, o efluente formado possui sais de cloreto, dissolvidos na água devido a troca com a resina. Ao final do sistema, os dois fluxos, o tratado na resina e o outro não tratado se juntam e formam o produto final da descontaminação. Esta coluna é preenchida por produtos sintéticos (resinas com grupos funcionais neutralizados por ânions de bases fortes), provocando a liberação de hidroxilas, até a exaustão completa da resina (equação (1)) (Cesárino, 2002, *apud* Brabosa, 2005).



As resinas de troca iônica sintéticas são constituídas, na sua maioria, de copolímeros do estireno, com divinil benzeno (D.V.B.), na forma de partículas esféricas de diâmetro 300 a 1.180  $\mu\text{m}$ . Pequena quantidade de D.V.B. dará uma estrutura tipo gel ou gelular, com baixa porosidade, e elevada quantidade, uma estrutura macro-reticular com elevada porosidade.

Após a copolimerização processada, grupamentos básicos poderão ser inseridos nos núcleos de benzeno dos monômeros utilizados, dando uma funcionalidade às resinas.

Entre os grupamentos básicos inseridos nas cadeias das resinas aniônicas tem-se aminas terciárias que produzem resinas fracamente básicas (R.A.f.) e os quaternários de amônio, que produzem resinas fortemente básicas (R.A.F.). As resinas com grupamentos básicos, ao contrário das soluções aquosas de bases, não se dissociam em duas espécies iônicas. Somente uma espécie é dissociada nas resinas aniônicas, mais freqüentemente a hidroxila OH<sup>-</sup>. As demais ficam ligadas às cadeias de estireno e divinil benzeno (Kremer, 2007). Veja esquema na figura 2.5.

### ***Figura 2.5– Esquema do processo de troca iônica***

Este tipo de remediação é muito atraente, pois seu controle é fácil, a sua automação é simples e as temperaturas típicas não afetam sua operação (Barbosa, 2005).

#### **2.5.3 Osmose reversa**

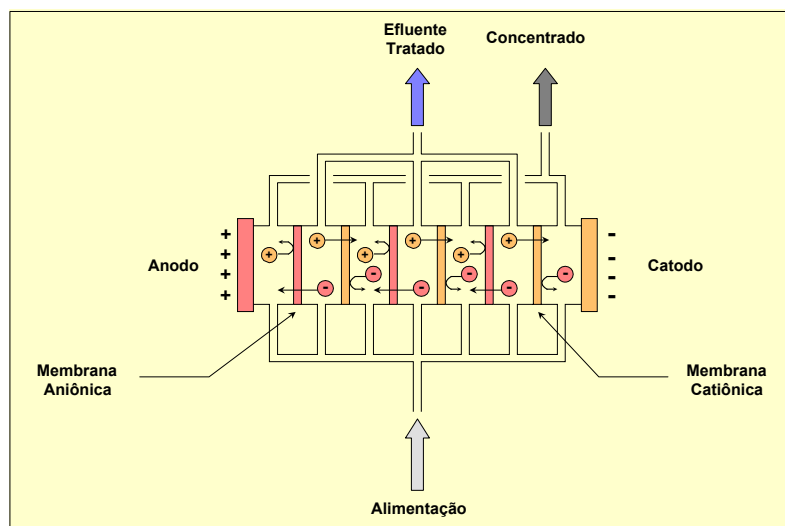
Processo de remoção de íons baseado na passagem forçada, pela aplicação de pressão superior à osmótica, da água contaminada por uma membrana semi-permeável, que filtra o íon nitrato. Este método não é seletivo, pois remove muitos íons juntamente com o nitrato, além de apresentar sensibilidade à presença de componentes orgânicos, partículas coloidais, variações



no pH, exposição ao cloro e elevada quantidade de sólidos totais dissolvidos, sendo necessário o pré-tratamento da água (Cesárino, 2002, *apud* Barbosa, 2005).

#### 2.5.4 Eletrodialise

Cesárino (2002) *apud* Brabosa (2005), descreve a eletrodialise como uma troca de íons com a utilização de uma membrana semi-permeável. Os íons são atraídos pela aplicação de corrente elétrica para o ânodo e retidos pelas membranas dispostas paralelamente ao fluxo de água e perpendicular ao fluxo de corrente elétrica. O processo necessita de um fluxo de água pressurizada, membranas de troca aniônica e catiônica em sequência e uma fonte de corrente contínua. Veja esquema na figura 2.6.



**Figura 2.6– Esquema do processo de eletrodialise**

## 2.6 Evolução do Padrão de Potabilidade

A possibilidade de se contrair doenças pela água foi há muito inferida pelo ser humano. Hipócrates, na antiga Grécia – 460 a.C.-, fazia menção à importância da escolha dos mananciais para o abastecimento. Há registros (Branco, 1986 *apud* Libânio, 2005) da observação do cirurgião francês *Ambroise Paré* que, já no século XVI, apontava como causa

de doenças transmitidas por certas águas estagnadas à presença de animais venenosos, tais como: cobras, sapos, vermes e outros.

O primeiro sistema de abastecimento de água na América do Norte, empregando tubos de madeira, acontece no final do século XVIII, na cidade de Philadelphia (EUA), e no início do século XIX, já existiam mais de três mil sistemas implantados em cidades americanas (Libânio, 2005). A preocupação em definir um padrão de potabilidade nos Estados Unidos iniciou em 1914, porém apenas referenciando a contaminação bacteriológica. O padrão de potabilidade recomendava o limite de 100 organismos/mL, para contagem de bactérias em placa, e uma das cinco porções de 10 mL de cada amostra poderiam apresentar bactéria coliforme<sup>(1)</sup>.

Já em 1925, com o advento da cloração, ocorreu revisão dos Padrões de Potabilidade vigente, pelos resultados alcançados com a redução de doenças de veiculação hídrica com esta forma de tratamento (Libânio, 2005).

Em 1942 foram inseridos pela primeira vez, número de pontos por amostragem, para análises bacteriológicas na rede de distribuição de água.

Em 1975, além da inserção de mais parâmetros, surge a necessidade de que os sistemas de abastecimento fossem operados com a supervisão de um profissional qualificado.

Na tabela 2.1 é apresentada a evolução dos primeiros padrões de potabilidade nos Estados Unidos.

No Brasil, somente em 1977, os padrões de potabilidade são definidos com o advento da Portaria nº 56, do Ministério da Saúde, para diversas características físicas, químicas e biológicas relativas a água para consumo humano, inicialmente com 36 parâmetros (Libânio,

---

<sup>(1)</sup> O termo *Bacterium Coli* e o termo Grupo Coliforme só foi inserido no Padrão de Potabilidade em 1942 (nota: Libânio, 2005)

2005). Em 1990, o Ministério da Saúde eleva o número de parâmetros para 50 e torna alguns limites mais restritivos com a edição da Portaria nº 36. Por suas características muito mais restritivas, esta portaria só entra em vigor em 1992, por solicitação de Prefeituras, companhias estaduais de saneamento e autarquias municipais responsáveis pela operação de sistemas de abastecimento.

**Tabela 2.1 – Evolução dos primeiros padrões de potabilidade americanos**

<b>Parâmetro</b>	<b>1914</b>	<b>1925</b>	<b>1942</b>	<b>1946</b>	<b>1962</b>
Turbidez (uT)	X	X	X	10	5*
Cor aparente (uC)	X	20	X	20	15
Arsênio (mg/L)	X	X	X	X	0,01
Cloreto (mg/L)	X	250	250	250	250
Cobre (mg/L)	X	X	3,0	3,0	1,0
Fenóis (mg/L)	X	X	0,001	0,001	0,001
Ferro (mg/L)	X	0,3	< 0,3	< 0,3	0,3
Fluoreto	X	X	X	X	0,8 a 1,7**
Manganês (mg/L)	X	X	< 0,3	< 0,3	0,05
<b>Nitrato (mg/L)</b>	X	X	X	X	<b>45***</b>
Coliforme (org/100mL)	NMP $\leq$ 2,2	NMP $\leq$ 1,0	NMP $\leq$ 1,0	NMP $\leq$ 1,0	NMP $\leq$ 1,0
Número mínimo de amostras	X	X	Número mensal dependendo da população abastecida	Número mensal dependendo da população abastecida	Mesma referência de 1942 com número mensal maior

\* Monitoramento mínimo semanal

\*\* Variável em função da temperatura média do ar

\*\*\* Para concentração maior, o consumidor deverá ser orientado a não utilizar água para alimentação de bebês.

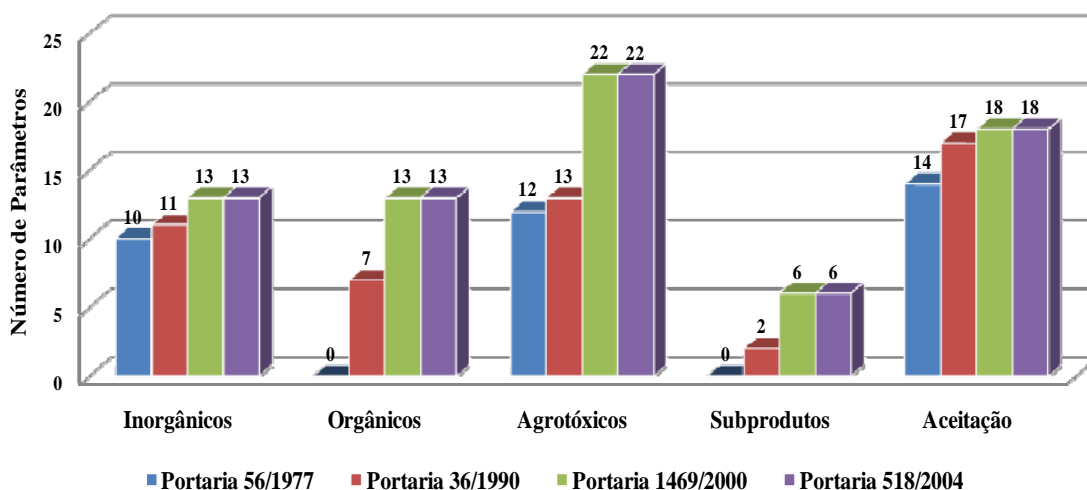
Fonte: AWWA (1971, *apud* Libânio, 2005)

Em 2000 é publicada a Portaria nº 1469, sendo implementada apenas em 2003, no mesmo ano em que é criada a Secretaria de Vigilância Sanitária – SVS, do Ministério da Saúde, até então localizada na estrutura da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Esta portaria é revogada em 2004, quando passa a vigorar a Portaria nº 518, que até então está em vigor, estabelecendo 72 parâmetros para Padrões de Potabilidade. (Libânio, 2005).

Da Portaria nº 1469/00 para a Portaria nº 518/04 não existiram mudanças de parâmetros nem de valores máximos permitidos. As alterações referem-se apenas à transferência de

competência da Funasa para a SVS e à prorrogação de prazo para que as instituições ou órgãos aos quais a Portaria se aplica, promovessem as adequações necessárias ao seu cumprimento (Libânio, 2005).

A figura 2.7 apresenta a discriminação do tipo dos parâmetros integrantes destas portarias.



Fonte: Libânio (2005)

**Figura 2.7– Discriminação da natureza dos parâmetros das quatro Portarias Nacionais**

## **CAPÍTULO 3**

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A caracterização inicial da área compreendeu a coleta de dados básicos sobre a ocupação urbana e uso do solo, geologia, hidrogeologia, clima e sistema de saneamento básico.

O trabalho foi realizado conforme as seguintes etapas:

1. Escolha de pontos de monitoramento e cadastro dos poços a serem monitorados;
2. Coleta de dados: elaboração de cadastro dos poços, georreferenciamento dos poços a serem monitorados, pesquisa de dados de qualidade da água no órgão ambiental e outras fontes de referência (empresas perfuradoras de poços, laboratórios de análise de água etc.), coleta e análise de amostras de água dos poços selecionados para avaliação das concentrações de nitratos e de outros parâmetros de relevância para o estudo;
3. Processamento dos dados: confecção de tabelas, figuras e mapas;
4. Análise dos resultados: análise da distribuição espacial e temporal do nitrato no bairro do Farol;
5. Conclusões.

#### **3.1 Cadastramento dos poços**

Para o cadastramento dos poços foi utilizada uma ficha cadastral simplificada, reunindo informações sobre as características hidráulicas, construtivas, principais usos da água extraída e parâmetros físico-químicos coletados no campo, de possíveis análises de qualidade da água anteriores.

Os dados foram compilados numa planilha eletrônica, sendo acrescentados os resultados das análises físico-químicas das amostras de água coletadas no campo.

Os poços foram georreferenciados tendo como base cartográfica a da Secretaria Municipal de Controle do Convívio Urbano da Prefeitura Municipal de Maceió, na escala 1:2.000, confeccionada em 1998 pelo Consórcio Maplan Aerolevantamentos S.A. e Engenharia de

Aerolenvantamentos S.A., com curvas de nível de 1 em 1 metros. O Datum horizontal foi o SAD 69 – Minas Gerais e o vertical foi o Marégrafo de Imbituba/Santa Catarina. O georreferenciamento do bairro do Farol, nesta base, foi feito em AutoCad.

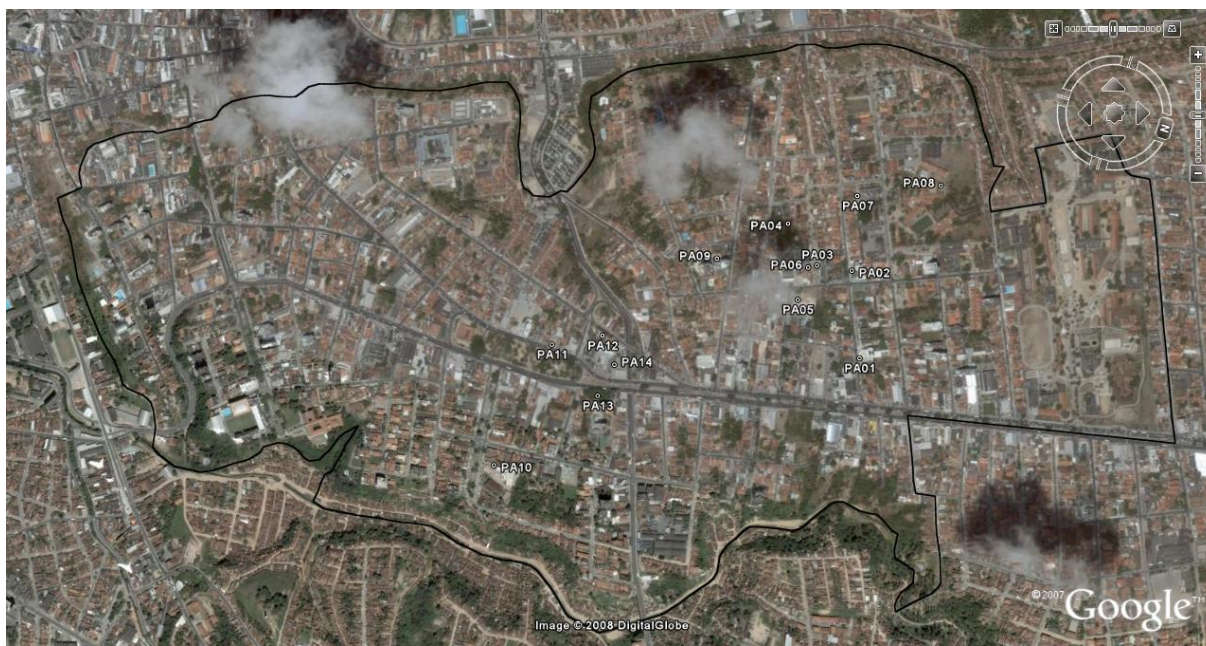
As coordenadas E (Leste) e N (Norte) dos poços foram obtidas com GPS Garmin Etrek Vista, com precisão planimétrica de 3 m, utilizando o mesmo Datum horizontal acima referido.

Como apoio foi também utilizada a base cartográfica do Google Earth, cujas coordenadas encontram-se no Datum Horizontal WGS 84. As coordenadas dos poços onde foram coletadas as amostras de água são apresentadas na tabela 3.1, e situados na figura 3.1 a seguir:

***Tabela 3.1 – Poços cadastrados para coleta de amostras de água***

CÓDIGO DO POÇO	PROPRIETÁRIO	LOCAL	UTM E (m)	UTM N (m)	D.G. (*)
PA01	Particular	Edf. Carrion de Los Condes	199745	8932656	Tb
PA02	Particular	Edf. Caiana	199536	8932569	Tb
PA03	Particular	Clínica Santa Juliana	199550	8932481	Tb
PA04	CASAL	Reservatório R2 A	199471	8932377	Tb/K <sub>mrt</sub>
PA05	Particular	Edf. (Obras da RM Eng.)	199649	8932462	Tb
PA06	Particular	Colégio Cristo Rei	199563	8932461	Tb
PA07	Particular	Correios	199349	8932525	Tb
PA08	Particular	C. Saúde Portugal Ramalho	199262	8932719	Tb
PA09	Particular	Edf. Palais de Versales	199611	8932230	Tb
PA10	Particular	Instituto da Visão	200347	8931865	Tb
PA11	Particular	Clínica Santa Terezinha	199987	8931947	Tb
PA12	Particular	Colégio N. S. do Amparo	199889	8932010	Tb
PA13	Particular	Edf. Benedito Bentes I	200042	8932044	Tb
PA14	Particular	Posto Avenida	199950	8932068	Tb

Tb – Formação Barreiras    K<sub>mrt</sub> – Formação Marituba    \* D.G. - Domínios Geológicos



**Figura 3.1 – Pontos de Amostragem (imagem: Google earth, 2008)**

Para os poços que possuíam dados de análises de qualidade de água de campanhas anteriormente realizadas, foram acrescentados à planilha eletrônica, os valores obtidos dos parâmetros que seriam monitorados neste trabalho. Dos 13 pontos de monitoramento no aquífero Barreiras, apenas dois possuíam dados históricos. Foram consideradas as campanhas realizadas por Cavalcante (2004), no Instituto da Visão, que compreendiam três coletas de amostra de água no ano de 2004, além de mais uma campanha realizada em 2007 pela SEMARH. O segundo ponto foi o da Clínica Santa Juliana, a qual possuía relatórios de três campanhas realizadas pela CASAL no período de 2004 a 2006, e uma campanha cujas análises foram realizadas na Central Analítica em janeiro de 2008.

### **3.2 Campanha para coleta das amostras de água**

As amostras de água subterrânea foram recolhidas nos meses de maio e junho de 2008, atendendo os procedimentos de coleta e transporte recomendado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998)*. Foram realizadas duas campanhas de



coleta de amostras de água, sendo a primeira em 08 (oito) poços próximos a Clínica Santa Juliana e a segunda em 06 (seis) poços próximos da Praça do Centenário.

Nos poços, a água subterrânea foi retirada utilizando-se as próprias bombas elétricas e coletadas na saída para o reservatório (antes de ir para caixa d'água). A água extraída nos 3 minutos iniciais de bombeio foi desprezada com o objetivo de eliminar a água estagnada na tubulação. Passado esse tempo foi coletado um (01) litro de água em recipiente apropriado fornecido pelo laboratório do IMA, seguindo as recomendações de enxaguar com a própria água do poço para ambientação. Em seguida o recipiente foi devidamente identificado com etiqueta contendo os dados do local de coleta e acondicionado em uma maleta térmica, para encaminhamento ao laboratório do IMA, e posterior análise físico-química.

### **3.3 Método de determinação de nitrato**

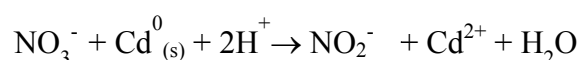
O método para determinação dos parâmetros físico-químicos das amostras de água, seguiu o que estabelece a 20ª. edição da publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998)*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*, ou das normas publicadas pela ISO (*International Standardization Organization*).

O método SMEWW 4500-NO<sub>3</sub><sup>-E</sup>, fundamenta-se na dosagem dos íons nitritos (reação de Griess) obtidos por redução quantitativa (maior de 90%) dos íons nitratos presente na amostra. Ocorre a diazotização da sulfanilamida pelo nitrito em condições ácidas. O sal de diazônio formado reage com N – (1– naftil) etilenodiamina, formando um complexo púrpura-avermelhado, cuja intensidade dos íons nitritos e nitratos é medida num comprimento de onda de 543 nm.

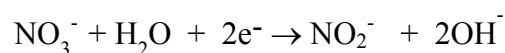
A redução do nitrato é efetuada pela passagem da amostra por uma coluna redutora preenchida por grãos de cádmio tratados com solução cúprica (cádmio envelopado com cobre) (Figura 3.2).

O cádmio envelopado com cobre é ótimo para reações heterogêneas de redução. O papel do cobre é de catalisador, aumentando a eficiência da coluna. O cobre atrai os íons  $\text{NO}_3^-$  fazendo seu papel de cátodo neste redox.

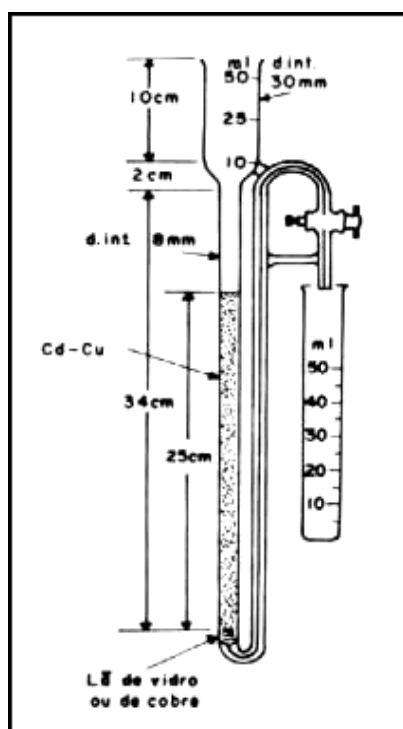
O princípio geral da reação de redução, é :



Em meio neutro ou alcalino a reação é:



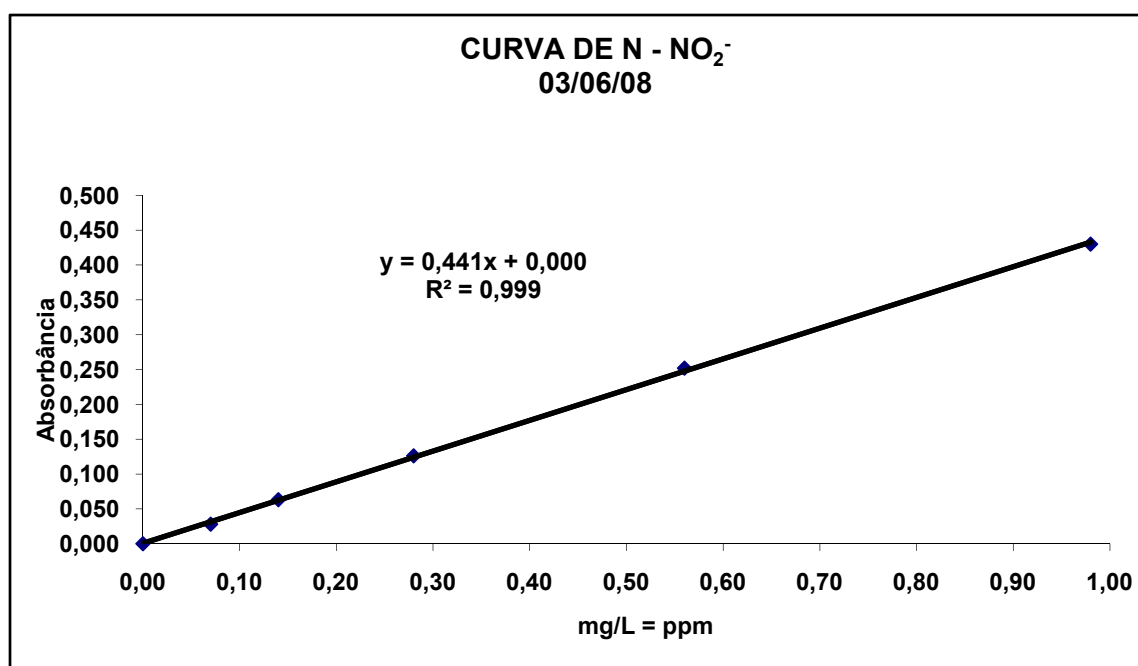
Na redução do  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NO}_2^-$  são envolvidos 2 elétrons, e assim o N passa da valência +5 para +3 (redução). Quem fornece esses 2 elétrons é o cádmio, que passa do  $\text{Cd}^0$  para  $\text{Cd}^{2+}$  (oxidação).



*Figura 3.2– Coluna de cádmio-cobre redutora para análise de nitrato*

A metodologia foi aplicada às amostras de acordo com as seguintes etapas:

- a) De cada amostra coletada é retirada uma alíquota, sendo adicionada uma solução tampão de cloreto de amônia e EDTA, para eliminar a interferência de metais (Fe, Cu etc.);
- b) A alíquota passa pela coluna de Cádmio-Cobre para redução do nitrato à nitrito;
- c) Da amostra final, é retirada uma nova alíquota de 50 ml e adiciona-se 2 ml de sulfanilamida, deixando-a em repouso por 5 min;
- d) Após este intervalo de tempo, adiciona-se 2 ml de ned-dihidroclorídrico, sendo homogeneizada no intervalo mínimo de 10 min e máximo de 2 horas;
- e) Desta alíquota é feita a leitura de absorvância ( $\lambda = 543 \text{ nm}$ ). O valor da leitura é interpolado na curva de regressão linear (figura 3.4);
- f) Do valor obtido é subtraído o valor da concentração de nitrito da amostra bruta sem passar pela coluna de redução de Cádmio, para se obter a concentração de nitrato da amostra.



Fonte: IMA (2008)

**Figura 3.3– Curva de Regressão Linear para determinação das concentrações de nitratos**

### 3.4 Padrão de Potabilidade

Os parâmetros analisados em laboratório foram comparados com os limites máximos permitidos da Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os limites para os parâmetros analisados são apresentados nas tabelas 3.2 e 3.3, a seguir:

*Tabela 3.2- Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde*

<b>PARÂMETRO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>VMP*</b>
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1

\* Valor Máximo Permitido

*Tabela 3.3 - Padrão de aceitação para consumo humano segundo a Portaria nº 518/04*

<b>PARÂMETRO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>VMP*</b>
Cloretos	mg/L	250
Turbidez	UT ou UNT**	5

\* Valor Máximo Permitido

\*\* Unidades Nefelométrica de Turbidez

O valor recomendado, no sistema de distribuição, do pH da água deve se mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

### 3.5 Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas

Em 03 de abril de 2008, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA aprovou a Resolução nº 396/08, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Esta Resolução, em seu Artigo 3º, classifica as água subterrâneas como:

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

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

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

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

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

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

Para os parâmetros analisados neste trabalho, os limites estabelecidos nesta Resolução, não diferem aos da Portaria nº 518/04, quanto ao uso do recurso hídricos para fins de consumo humano.

**Tabela 3.4- Padrão de Qualidade de Água para consumo humano segundo a Resolução CONAMA n° 396/08**

<b>PARÂMETRO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>VMP*</b>
Nitrato (como N)	µg/L	10.000
Nitrito (como N)	µg/L	1.000
Cloreto	µg/L	250.000

\* Valor Máximo Permitido

### **3.6 Padronização dos métodos de análise de nitratos**

Cavalcante (2004) cita em seu trabalho, divergências encontradas entre resultados de análises físico-químicas para amostra de água coletadas simultaneamente num mesmo poço, quando analisadas nos laboratórios da CASAL e do IMA. Tais divergências se devem a diferentes metodologias adotadas para determinação de certos parâmetros, a exemplo do Nitrato. Com o objetivo de se padronizar as metodologias para determinação das concentrações de nitratos, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Alagoas – SEMARH – promoveu, em abril de 2008, reunião com técnicos e representantes de todos os laboratórios que realizam análises físico-químicas em águas para consumo humano e outros usos. Como resultado, ficou acordado a utilização do método anteriormente citado para análise de concentração de nitrato.

### **3.7 Análise dos dados**

Os resultados foram analisados e distribuídos espacialmente na área de estudo, sendo precedido por uma comparação com concentrações de nitratos obtidas em outros trabalhos, no caso dos poços do Instituto da Visão e da Clínica Santa Juliana.

A qualidade da água foi avaliada comparando-se os resultados obtidos nas análises físico-químicas com os valores máximos permissíveis (VMP) recomendados na portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA n° 396/2008 (Brasil, 2004; 2008).

Em seguida, avaliou-se a associação entre as características dos poços (profundidade, tipo de

captação, presença de rede coletora de esgoto ou poço-fossa) e os parâmetros de qualidade da água pesquisados.

Para os parâmetros Cloretos e Nitratos, foi realizada uma representação cartográfica no Software Surfer, permitindo uma espacialização das isoconcentrações destes dois parâmetros.

## **CAPÍTULO 4**



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A avaliação dos resultados foi feita com base nos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação federal atendendo a Portaria N<sup>o</sup> 518/2004 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 396/2008 (Brasil, 2004; 2008). Seguindo-se a Portaria e a Resolução, com relação aos compostos de nitrogênio, os teores de nitritos e nitrato são incluídos com máximo permissível de 1,0 mgN-NO<sub>2</sub>/L e 10,0 mgN-NO<sub>3</sub>/L, respectivamente.

Alguns autores consideram que concentrações superiores a 3,0 mg N - NO<sub>3</sub>/L são indicativos de contaminação devido às atividades antropogênicas.

O limite de 10,0 mg N-NO<sub>3</sub>/L foi estabelecido a partir de estudos sobre a ocorrência de metemoglobinemia em crianças que consumiam águas de poços, sendo que existem relatos de ocorrência da doença originadas pela ingestão de águas com conteúdos de nitrato inferiores a esse valor.

Por outro lado, existem estudos que relacionam a ingestão de elevado teor de nitrato com o aumento de certos tipos de câncer, porém mais investigações estão sendo realizadas e os efeitos carcinogênicos dos derivados de nitrogênio ainda não foram considerados no estabelecimento dos limites permissíveis previstos na legislação referente às águas para consumo humano.

### **4.1 Resultados das análises físico-químicas**

No presente trabalho, das 14 amostras analisadas 11 (78%) apresentaram concentrações de nitrato superiores a 3,0 mg N - NO<sub>3</sub>/L, porém inferiores ao limite máximo estabelecido na Portaria n<sup>o</sup> 518/04-MS, sendo importante o monitoramento dessas águas por um determinado período, visando a tomada de ações preventivas, para se evitar o aumento das concentrações.

Os resultados das análises estão apresentados na tabela 4.1, a seguir. As tabelas 4.2 e 4.3 foram obtidas a partir de campanhas de qualidade de água desenvolvidas por Cavalcante (2004) e a Central Analítica por solicitação do proprietário do poço, respectivamente

**Tabela 4.1 – Resultados das análises físico químicas das amostras coletadas na campanha de maio/2008**

Parâmetros Analíticos	Cloreto	Condutividade	Nitrato	Nitrito	pH	Cor	Turbidez	
Limites Máximos	Até 250 mg/L Cl <sup>-</sup>	µS/cm	Até 10 mg/L N	Até 1,0 mg/L N	6,0 a 9,5	Até 15 uH*	Até 5 UT	
Métodos	SMEWW 4500 Cl <sup>-</sup> B	SMEWW 2510 B	SMEWW 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	SMEWW 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B	SMEWW 4500 H <sup>+</sup> B	SMEWW 2120 C	SMEWW 2130 B	
<b>Resultados / Amostras</b>	<b>PA01</b>	49,98	319	5,47	< 0,01	3,93	3,6	< 0,10
	<b>PA02</b>	39,09	285	5,74	< 0,01	3,77	3,6	0,6
	<b>PA03</b>	43,05	258	4,02	< 0,01	3,82	7	< 0,10
	<b>PA04</b>	33,65	184,7	0,75	< 0,01	4,97	7	58,8
	<b>PA05</b>	45,03	242	5,95	< 0,01	4,25	4,7	< 0,10
	<b>PA06</b>	48,49	253	4,29	< 0,01	4,34	5,8	< 0,10
	<b>PA07</b>	56,41	314	4,95	< 0,01	4,29	9,2	< 0,10
	<b>PA08</b>	61,36	289	3,27	< 0,01	4,37	5,8	0,14
	<b>PA09</b>	51,46	270	5,34	< 0,01	4,38	8,1	< 0,10
	<b>PA10</b>	54,93	334	3,14	< 0,01	4,66	2,5	< 0,1
	<b>PA11</b>	47,9	298	2,43	< 0,01	4,84	8,11	< 0,1
	<b>PA12</b>	38,6	265	3,84	< 0,01	4,72	4,7	< 0,1
	<b>PA13</b>	51,46	331	3,34	< 0,01	4,86	1,4	0,29
	<b>PA14</b>	35,13	217	2,21	< 0,01	5,45	3,6	0,1

Nota: todas as análises foram realizadas no Laboratório do Instituto de Meio Ambiente - IMA

**Tabela 4.2 – Resultados das análises físico-químicas realizadas no Laboratório do IMA, das amostras coletadas no poço do Instituto da Visão**

<i>Parâmetros Analíticos</i>	<i>Limites Máximos*</i>	<i>Métodos</i>	<i>Data da amostragem</i>				
			<b>Jul/05</b>	<b>Set/05</b>	<b>Out/05</b>	<b>Jul/07</b>	<b>Jun/08</b>
Cloreto	Até 250 mg/L Cl <sup>-</sup>	SMEWW 4500 Cl <sup>-</sup> B	47,51	60,90	65,49	53,08	54,93
Condutividade	µS/cm	SMEWW 2510 B	-	-	-	328,0	334,0
Nitrato	Até 10 mg/L N	SMEWW 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	12,19	-	39,42	13,91	3,14
Nitrito	Até 1,0 mg/L N	SMEWW 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B	< 0,001	< 0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,01
pH	6,0 a 9,5	SMEWW 4500 H <sup>+</sup> B	4,27	6,38	6,22	5,32	4,66
Cor aparente	Até 15 uH	SMEWW 2120 C	3,66	5,88	-	-	2,5
Turbidez	Até 5 UT	SMEWW 2130 B	1,7	0,96	0,26	0,08	< 0,10

\* Padrão Especificado na Potabilidade Portaria Nº 518/2004-MS

**Tabela 4.3 – Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas no poço da Clínica Santa Juliana (PA03)**

<i>Parâmetros Analíticos</i>	<i>Limites Máximos*</i>	<i>Métodos</i>	<i>Resultados das amostragens</i>				
			<b>Mai/04<sup>(*)</sup></b>	<b>Jun/05<sup>(*)</sup></b>	<b>Jul/06<sup>(*)</sup></b>	<b>Jan/08<sup>**</sup></b>	<b>Mai/08<sup>***</sup></b>
Cloreto	Até 250 mg/L Cl <sup>-</sup>	SMEWW 4500 Cl <sup>-</sup> B	34,52	31,78	39,03	30,43	43,05
Condutividade	µS/cm	SMEWW 2510 B	236,0	208,0	220,0	136,0	258,0
Nitrato	Até 10 mg/L N	SMEWW 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	0,0	1,0	0,0	4,14	4,02
Nitrito	Até 1,0 mg/L N	SMEWW 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
pH	6,0 a 9,5	SMEWW 4500 H <sup>+</sup> B	6,52	5,65	5,45	7,59	3,82
Cor aparente	Até 15 uH	SMEWW 2120 C	-	-	-	2,5	7,0
Turbidez	Até 5 UT	SMEWW 2130 B	0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,10

\* Análise realizada no Laboratório da Central Analítica

\*\* Análises realizadas pela CASAL

\*\*\* Análise realizada no Laboratório do Instituto de Meio Ambiente - IMA

## 4.2 Análise dos Resultados

### 4.2.1 Características dos poços utilizados para coleta de amostras de água

Observou-se que, dos 14 poços visitados, todos são do tipo tubular profundo, construídos a perfuração mecânica, com proteção sanitária em concreto, com espessura média de 30m, dos quais 13 (treze) com profundidade média de 80m captando água no aquífero Barreiras e 1 (um) com profundidade de 147 m, captando água no sistema aquífero Barreiras/Marituba. A captação é feita por bombeamento mecânico, acionado por bóia automática. Foi constatado que 64% dos poços captam abastecendo primeiro um reservatório inferior, que bombeia para um superior para posterior distribuição, os demais o lançamento é direto do poço para o reservatório superior. De todos os poços visitados, apenas um dispunha de torneira junto à saída do poço para coleta de água, nos demais a coleta foi realizada na chegada do cano ao reservatório. Quanto ao destino final do esgoto, 100% dos locais visitados, destinavam à rede coletora da CASAL.

Como foi dito anteriormente o bairro do Farol possui rede coletora de esgotos que cobre cerca de 75% da área de abrangência do bairro. O problema reside no número de domicílios ligados, que segundo dados da CASAL, das 18.227 domicílios presentes no bairro, apenas 1.434 encontram-se ligadas a rede coletora. Vale frisar que a maioria desses trata-se de unidades comerciais e de prestação de serviços, cuja contribuição não chega a ser tão expressiva, além de hospitais, clínicas, laboratórios e edifícios residenciais, onde a coleta passa a representar pontos esparsos do bairro. Desta forma a proporção de economias cuja coleta é realizada representa apenas 7,8% do total existente no bairro.

A tabela 4.4 apresenta o tipo de uso do poço e a situação da disposição final dos efluentes nos locais onde foram coletadas as amostras de água. A figura 4.1 apresenta a rede coletora de esgotos do bairro do Farol e a localização dos pontos de amostragem.

**Tabela 4.4 – Tipo de Uso do Poço e destinação dos efluentes**

<i>CÓDIGO DO POÇO</i>	<i>PROPRIETÁRIO</i>	<i>LOCAL</i>	<i>Tipo de Uso do Poço</i>	<i>Lançamento de Efluentes</i>
PA01	Particular	Edf. Carrion de Los Condes	Abastecimento humano	Ligado a rede de esgotos
PA02	Particular	Edf. Caiana	Abastecimento humano	Ligado a rede de esgotos
PA03	Particular	Clínica Santa Juliana	Uso geral na clínica	Ligado a rede de esgotos
PA04	CASAL	Reservatório R2 A	Abastecimento humano	-
PA05	Particular	Edf. Em construção (Obras da Construtora RM Eng.)	Abastecimento humano	Ainda não ligado a rede
PA06	Particular	Colégio Cristo Rei	Uso geral na escola	Ligado a rede de esgotos
PA07	Particular	Correios	Uso geral	Ligado a rede de esgotos
PA08	Particular	C. Saúde Portugal Ramalho	Uso geral no hospital	Ligado a rede de esgotos
PA09	Particular	Edf. Palais de Versales	Abastecimento humano	Ligado a rede de esgotos
PA10	Particular	Instituto da Visão	Uso geral na clínica	Ligado a rede de esgotos
PA11	Particular	Clínica Santa Terezinha	Uso geral na clínica	Ligado a rede de esgotos
PA12	Particular	Colégio N. S. do Amparo	Uso geral na escola	Ligado a rede de esgotos
PA13	Particular	Edf. Benedito Bentes I	Abastecimento humano	Ligado a rede de esgotos
PA14	Particular	Posto Avenida	Uso geral	Tratamento individual



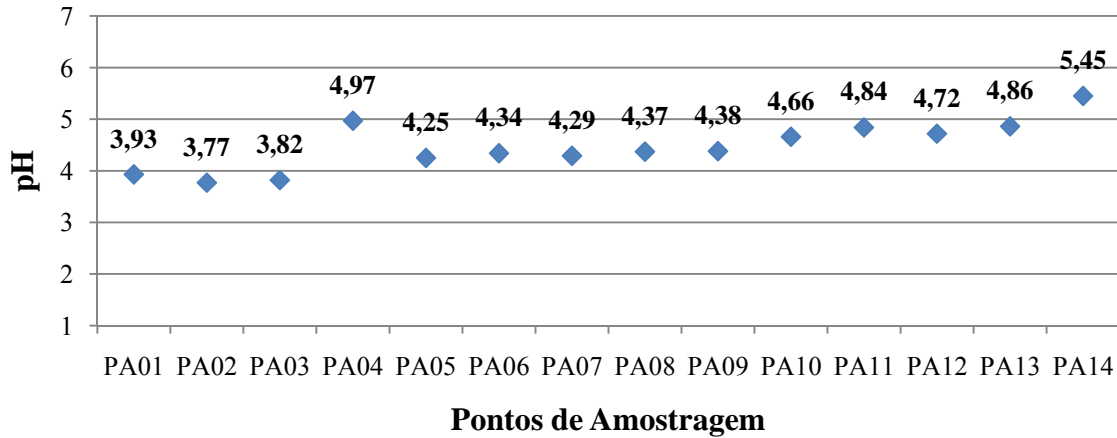
Fonte: Google earth (2008), modificado

**Figura 4.1– pontos de amostragem e rede coletora de esgotos do bairro do Farol (imagem:**

**Google earth, 2008)**

#### 4.2.2 Potencial Hidrogeniônico – pH

O valor registrado variou entre 3,7 a 5,4. A figura 4.2 apresenta o valor do pH nos pontos de amostragem:

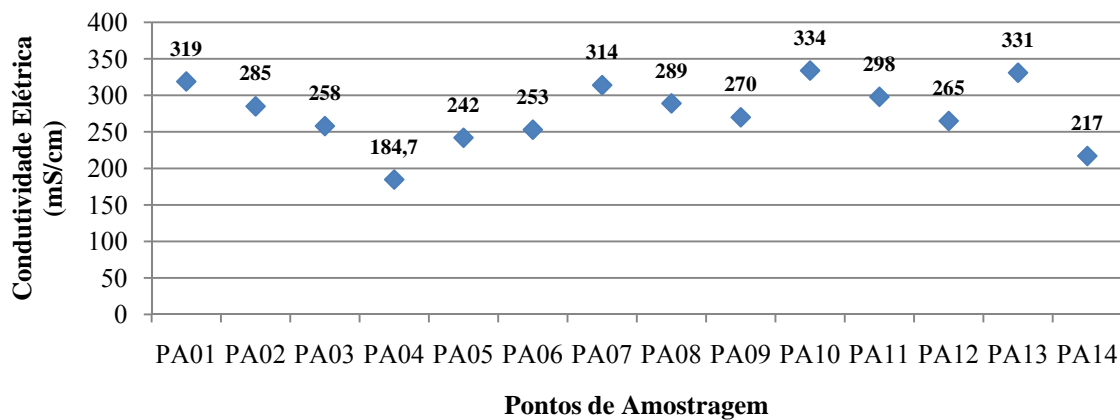


*Figura 4.2– Valor do pH das amostras coletadas*

#### 4.2.3 Condutividade elétrica

As amostras coletadas apresentaram condutividades altas em cerca de 80% dos pontos amostrados, com valores que variaram de 184,7 a 334  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

A figura 4.3 apresenta os valores de Condutividade Elétrica, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , obtido nos Pontos de Amostragem nas amostras de água.



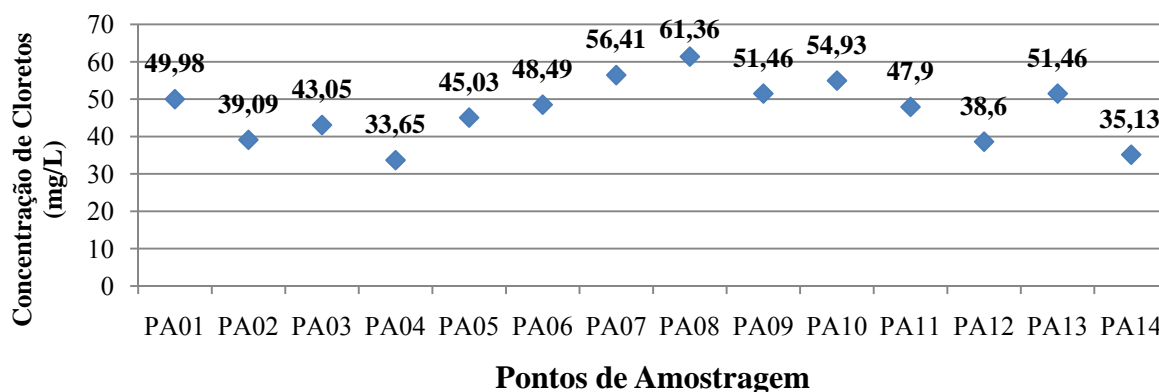
*Figura 4.3– Valores de Condutividade Elétrica da água nos Pontos de Amostragem*

#### 4.2.4 Cloretos

Os Cloretos são geralmente sais solúveis e quase sempre se apresentam nas formas sódica e potássica. Muito estável e de precipitação muito difícil. Não se oxida nem reduz em águas naturais. Ocorre associado ao sódio, em especial em águas marinhas, porém as concentrações não são necessariamente iguais.

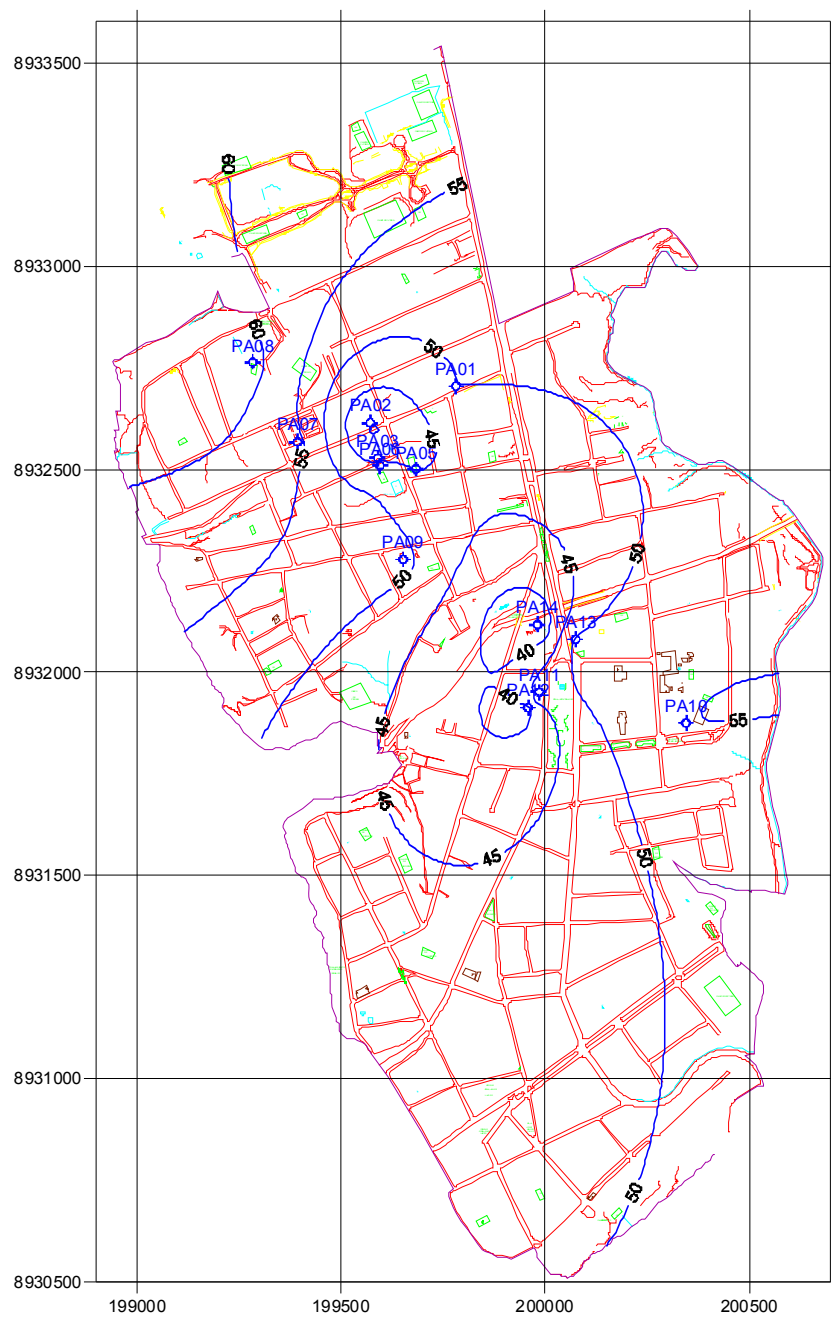
Sua presença nas águas subterrâneas se deve à água marinha armazenada no interior dos sedimentos, da dissolução do sal comum e dos minerais afins que existem nos evaporitos, dos cloretos existentes na água de chuva, da mistura com águas marinhas em regiões costeiras do mundo e resíduos industriais.

Na figura 4.4 são apresentadas as concentrações de cloretos nos pontos de amostragem:



**Figura 4.4– Valor da concentração de Cloretos dos pontos de amostragem**

A figura 4.5 representa as isoconcentrações de cloretos na área de estudo, com a ajuda do software Surfer.



Mapa base: SMCCU/PMMaceió (2000)

**Figura 4.5– Distribuição espacial das concentrações de cloretos (junho/2008)**

Segundo Pulido (1978) as concentrações de cloretos das águas subterrâneas são inferiores a 100,0 mg/L. Em zonas áridas podem aumentar até 1.500,0 mg/L. Concentrações superiores a



1.000,0 mg/L são nocivas à saúde. A água do mar tem em média de 19.000,0 a 24.000,0 mg/L. As salmouras podem chegar a ter 220.000,0 mg/L.

Na área de estudo não foram detectados poços com níveis de cloreto acima do recomendado. Altas concentrações de cloreto conferem sabor à água e efeitos laxativos em quem está acostumado a consumir água com baixas concentrações (Batalha & Parlato, 1993).

#### 4.2.5 Concentrações de Nitritos

Segundo Rocha (2005), a presença de íons de nitrito, mesmo em pequenas quantidades é geralmente indicativo de um processo biológico ativo e sua presença na água é indicativo de contaminação e em quantidades acima a 0,003 mg/L indica poluição recente. As análises das amostras coletadas apresentam os teores de nitritos abaixo do limite máximo da Portaria nº 518/2004.

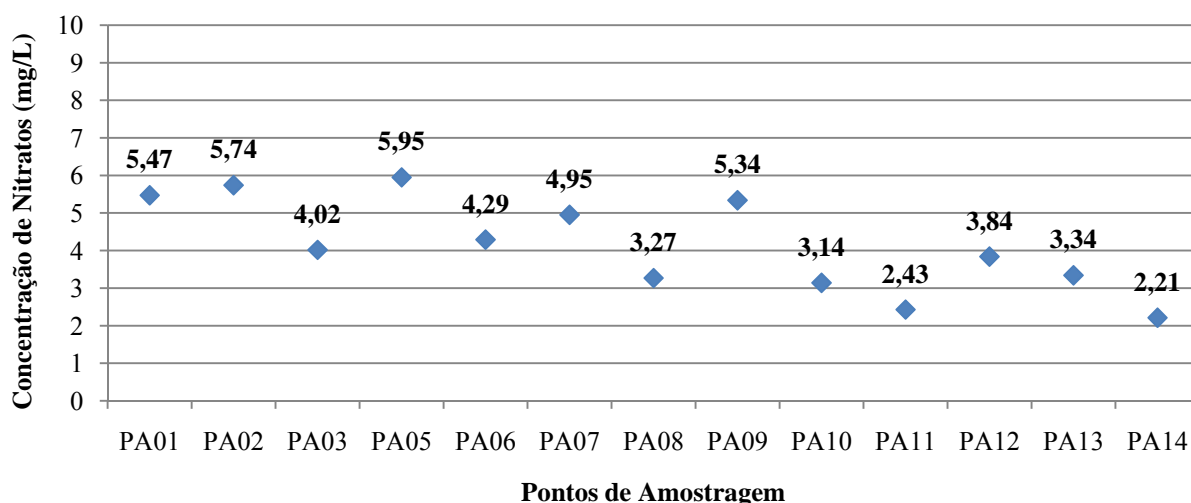
#### 4.2.6 Concentrações de Nitratos

De acordo com Barbosa (2005), o nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de 3 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividade humana por meio de esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados e resíduos de animais, etc. As concentrações de nitrato nas águas subterrâneas variam entre 0,1 e 10,00 mg/L. Em águas poluídas pode chegar a 200,0 mg/L e em alguns casos até 1.000,0 mg/L. A água do mar tem em torno de 1,0 mg/L ou menos (Barbosa, 2005).

Nas amostras analisadas neste estudo foi observado um elevado percentual de amostras com nitrato acima de 3,0mg NO<sub>3</sub>-N/L. O nitrato é o produto final da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico, indicando contaminação antiga. Os resultados encontrados na área podem estar relacionados à ausência da ligação domiciliar à rede coletora de esgotamento

pública e a utilização de poços absorventes associados a fossas sépticas, que por falta de manutenção e limpeza adequada e periódica, acabam lançando efluentes não tratados diretamente em camadas do solo que permeiam contaminantes para os aquíferos. Nesta área, em 92,3% dos domicílios pesquisados não encontram-se ligados a rede de esgotos.

A figura 4.6 apresenta as concentrações de nitratos nos poços de amostragem.

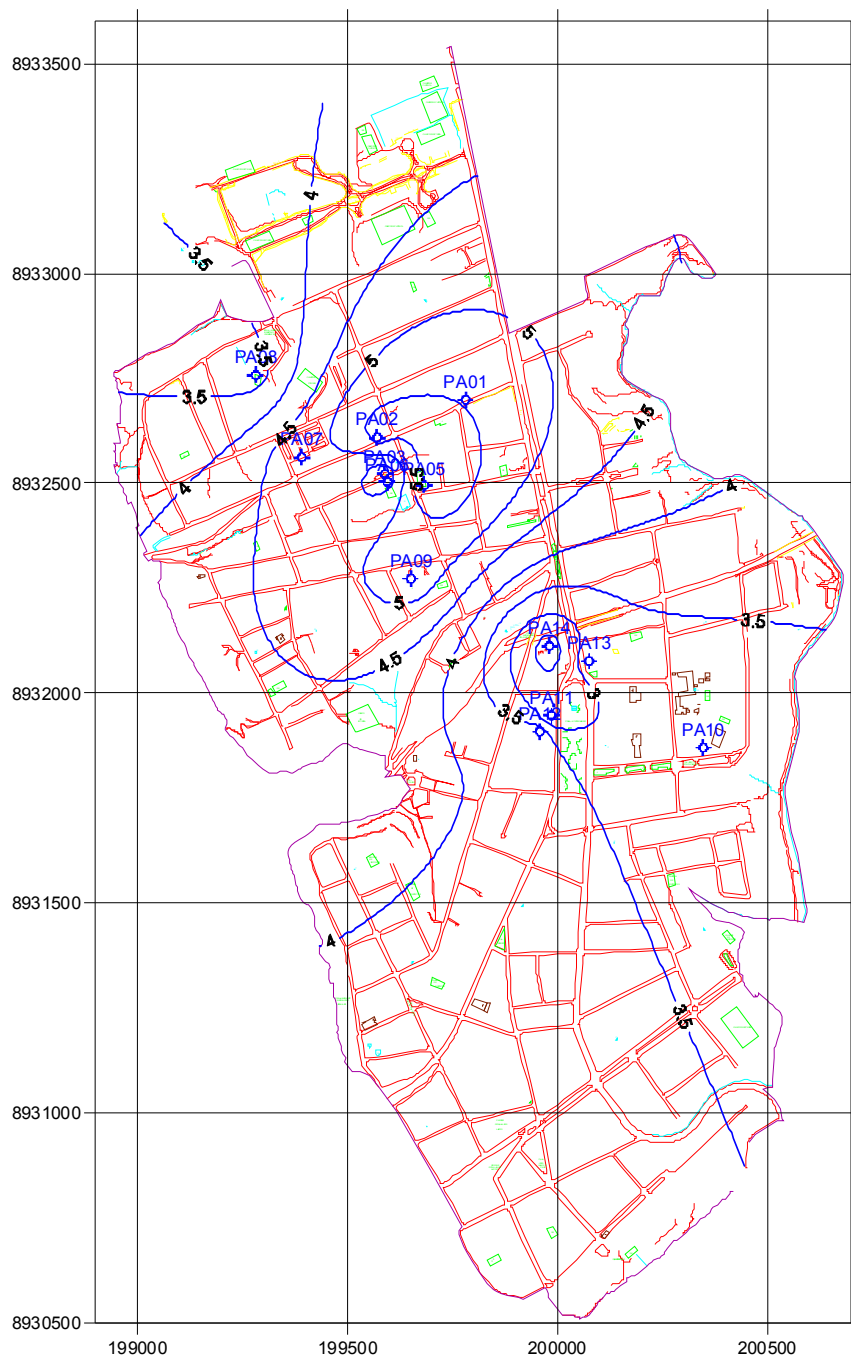


**Figura 4.6–Valores das concentrações de nitratos na água nos Pontos de Amostragem**

Numa análise espacial, as concentrações de nitrato no aquífero Barreiras para a área de estudo, se apresentaram com valores abaixo do limite máximo permitido na Portaria nº 518/04. Para os pontos de amostragem, a concentração mínima foi de 2,21 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ -N, e seu valor máximo não ultrapassou 6,0 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ -N. A área teve uma concentração média de 4,15 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ -N e desvio padrão de 1,25.

Dos poços onde foram coletadas amostras de água, apenas o poço PA04 coleta água no sistema Barreiras-Marituba, cuja concentração de nitratos apresenta valor de 0,75 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ -N, sendo a única divergente das demais amostras. Para construção das isoconcentrações de nitratos na área de estudo, este poço foi desconsiderado, sendo plotado apenas 13 poços na

base cartográfica. Com a ajuda do Software Surfer, foi possível traçar as isoconcentrações de nitratos, apresentada na figura 4.7.



Mapa base: SMCCU/PMMaceió (2000)

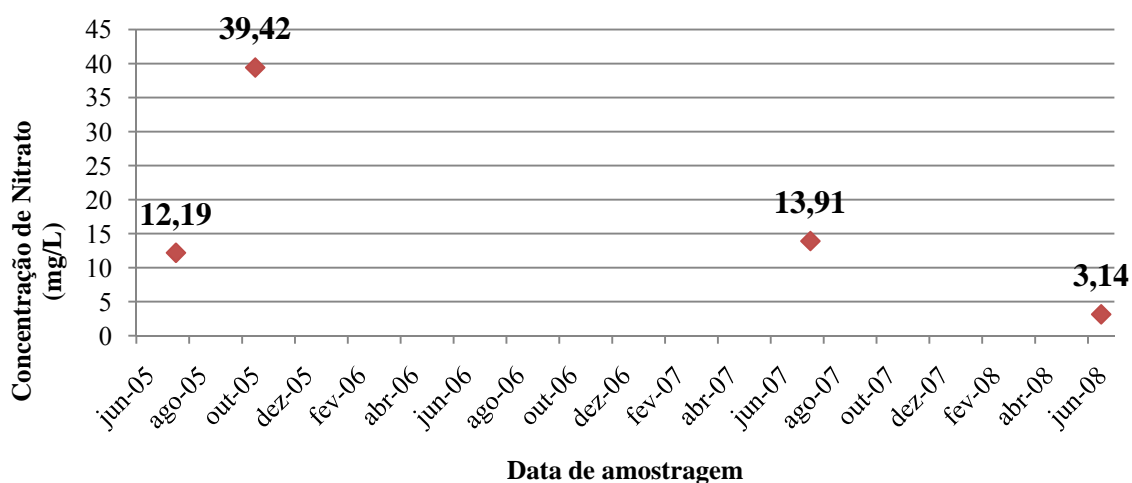
***Figura 4.7– Distribuição espacial das concentrações de nitratos (junho/2008)***

No poço localizado no Instituto da Visão, onde foi possível a aquisição de análises com concentrações de nitratos, em campanhas realizadas anteriormente por Cavalcante (2004),

pode-se observar elevadas concentrações em todas as campanhas realizadas até agosto de 2007, não se mantendo em concentrações superiores ao limite máximo estabelecido pela Portaria nº 518/04 (figura 4.8).

Vale salientar, neste caso, a forma de coleta das amostras de água. Nas três campanhas realizadas anteriormente, as amostras foram coletadas da torneira, após ter sido reservada nos reservatórios inferior e superior. No caso da amostra coletada para realização dessa pesquisa, a mesma foi obtida diretamente do poço, na chegada do reservatório inferior. Este procedimento permitiu uma maior integridade da amostra, e conseqüentemente, a obtenção de níveis de concentração de nitratos da água que se encontra no aquífero.

Uma demonstração deste fato pode ser constatada pelos valores obtidos das concentrações de nitratos de poços localizados nas proximidades do PA10, cujos resultados apresentam pouca variação, a exemplo dos poços PA11, PA12, PA13 e PA14.

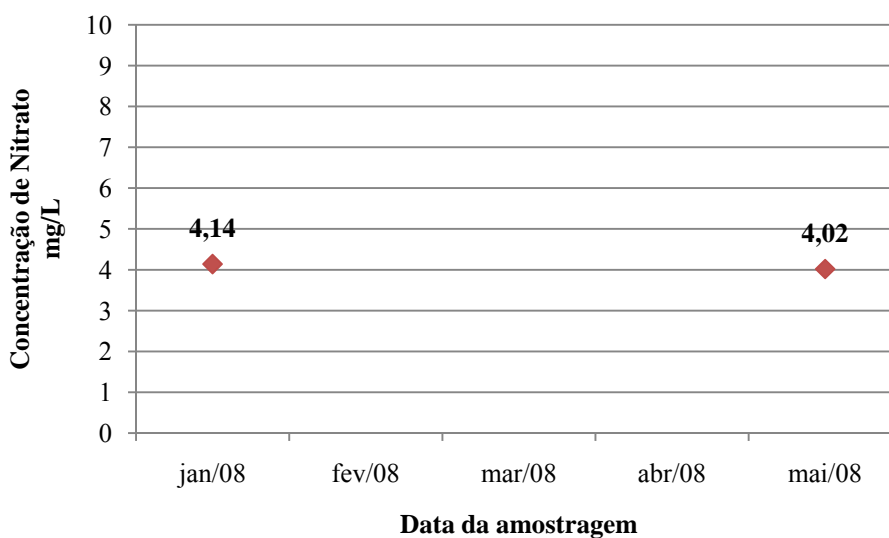


**Figura 4.8– Concentrações de nitratos no poço do Instituto da Visão**

A mesma metodologia de coleta foi aplicada no Poço PA03 da Clínica Santa Juliana, cujo valor não difere em muito do obtido pela Cental Analítica, em análise realizada em janeiro de 2008, para amostra coletada na chegada da água no reservatório, diretamente do poço.

Deste poço foram adquiridos dados relativos a análises físico-químicas realizadas pela CASAL em maio de 2004, junho de 2005 e julho de 2006. As mesmas não foram consideradas na avaliação das concentrações de nitratos do presente estudo, visto que a metodologia adotada para análise laboratorial mascarava os resultados obtidos.

A figura 4.9 apresenta os valores de concentração de nitratos nas campanhas de janeiro e de maio de 2008 do poço PA03.



**Figura 4.9– Concentrações de nitratos no poço da Clínica Santa Juliana**

Os resultados obtidos para os parâmetros analisados do poço da Clínica Santa Juliana, em maio de 2008, não diferem muito dos obtidos em outra amostragem realizada em janeiro do mesmo ano. O que mostra uma certa estabilidade, neste ponto, dos níveis de concentração de nitrato para o período analisado. Apesar de estáveis, os teores não devem ser desprezados, visto que, neste caso, o uso da água para fins nobres tais como a asepsia pré e pós cirúrgica, higiene dos médicos, enfermeiros e pacientes. A mesma também é utilizada por funcionários, visitantes e pacientes, para consumo direto nos bebedouros instalados na clínica, após tratamento com filtro de carvão ativado.

#### 4.2.7 Turbidez

A turbidez é uma expressão da propriedade ótica que causa a dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água. Na água a turbidez está relacionada à presença de materiais em suspensão, tais como: argila, silte, material orgânico e inorgânico finamente dividido, compostos orgânicos coloridos e solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos.

No presente estudo, foi muito baixo o percentual de amostras com turbidez acima do estabelecido legalmente, registrando um valor mais elevado no poço do Reservatório R2A da CASAL, apesar do mesmo encontrar-se captando água no sistema Barreiras-Marituba. Tal fato ocorreu devido ao ponto de coleta de água para amostragem ter sido em torneira localizada numa derivação do tubo de recalque, localizada em área susceptível a contaminação da amostra. A turbidez, material em suspensão na água, pode se fixar aos patógenos existentes, protegendo-os e até dificultando a ação do cloro sobre os mesmos. Schwartz e Goldstein (2000) encontraram associação entre índices de turbidez e admissão hospitalar por doenças gastrointestinais, entre a população de idosos na Filadélfia, Estados Unidos, no período 1992-1993.

## **CAPÍTULO 5**

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como exposto na revisão bibliográfica, concluímos que a contaminação por nitrato na água de beber pode trazer graves conseqüências à saúde. No organismo humano, o nitrato se converte em nitrito que, por sua vez, combina-se com a hemoglobina para formar metemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio no sangue. Principalmente em crianças muito pequenas e em idosos pode causar metemoglobinemia e levar à morte, visto que a metemoglobina, forma férrica da hemoglobina ( $HbFe^{3+}$ ), não é capaz de se ligar ao oxigênio.

As análises de água de poços situados no bairro do Farol indicaram moderada contaminação por nitrato no aquífero Barreiras. Apesar da existência de rede coletora de esgotos em quase todo o bairro, é grande a densidade de sistemas de saneamento *in situ*, com uso do sistema fossa-absorvente. Desta forma, com base na avaliação espacial das concentrações de nitratos na área de estudo, tomando como valor máximo permitido 10,0 mg/L de  $NO_3^-$ -N, estabelecidos pela Portaria nº 518/04-MS, e reforçado pela Resolução CONAMA nº 396/08, pode-se concluir que os valores obtidos nas análises físico-químicas para as concentrações de nitrato no bairro do Farol são considerados toleráveis, classificando as águas subterrâneas desse sistema aquífero como potáveis e na classe 1, quanto ao parâmetro avaliado.

Porém, há de ser reforçada a necessidade de uma rede de coleta de esgotos com maior eficiência na remoção dos efluentes para áreas de tratamento ou disposição final em emissário submarino, face ao baixo índice de unidades habitacionais interligadas a rede.

Os valores encontrados para as concentrações de nitrato, apesar de atenderem aos limites estabelecidos para potabilidade, são indicativos de contaminação no aquífero, que por sua distribuição com pouca variabilidade na área de estudo, confirma a migração continua de contaminantes para as águas subterrâneas, certamente pela presença dos poços absorventes ou



sumidouros, que por sua profundidade em relação ao topo do aquífero, acabam por se tornar caminhos facilitadores de percolação de efluentes contaminados para o aquífero.

O índice de vulnerabilidade natural do aquífero deve ser interpretado com cuidado, um vez que se refere a um nível de avaliação de risco em escala municipal (1:50.000), servindo ao planejamento urbano-territorial. Apesar do índice ser baixo, há a contaminação das águas subterrâneas, que é resultado da grande concentração de fossas, ou seja, da elevada geração de carga contaminante. A partir daí conclui-se que mesmo os locais com baixos índices de vulnerabilidade serão susceptíveis à contaminação, quando sujeitos à disposição elevada e a contínua de contaminantes.

A preservação, o uso racional e consciente das águas subterrâneas dos aquíferos Barreiras e Marituba deve estar fundamentada e amparada em instrumentos legais e institucionais que possam assegurar a boa gestão desses recursos.

Não se pode descartar uma investigação sobre a ocorrência de doenças causadas pela ingestão de nitratos, mesmo em concentrações moderadas, não só apenas na área de estudo, mas em toda a região de Maceió.

## **CAPÍTULO 6**

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, C.F.. *Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica-RJ*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Campinas. São Paulo: Campinas. 2005. 82p.

BATALHA, B.L.; PARLATORE, A.C. *Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. CETESB. São Paulo: São Paulo. 1993.

BARROSO, C.M.. *Caracterização do sistema aquífero Barreiras/Marituba na área de Maceió*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. São Paulo. 2001. 135p.

BRAGA, B. et al. *Introdução a Engenharia Ambiental*. 1ed. Prentice Hall, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2002. 305 pp.

BRASIL - PETROBRÁS/DNPM. *Carta Geológica da Bacia Sergipe e Alagoas*. folhas SC. 25-V-C-IV-1 (Marechal Deodoro). Escala de 1:50.000. Alagoas: Maceió. 1975.

BRASIL - PETROBRÁS/DNPM. *Carta Geológica da Bacia Sergipe e Alagoas*. folha SC. 25-V-C-IV-2 (Maceió). Escala de 1:50.000. Alagoas: Maceió. 1975.

BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria nº 518*. Serviço de Vigilância Sanitária. Distrito Federal: Brasília. 2004.

BRASIL – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA nº 396*. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Distrito Federal: Brasília. 2008.

CASAL. *Relatório da Gerência Metropolitana*. Planilhas em Excel. Companhia de Saneamento de Alagoas. Alagoas: Maceió. 2008.

CAVALCANTE, A.T.. *Sistema de Gerenciamento Integrado das Águas Subterrâneas da Região de Maceió – Estudos de Vulnerabilidade*. Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais – SEMARHN. Governo de Alagoas. 2003.

CAVALCANTE, A.T.. *Sistema de Gerenciamento Integrado das Águas Subterrâneas da Região de Maceió – Plano de Monitoramento*. Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais – SEMARHN. Governo de Alagoas. 2004.

CHAPELLE, F.H. *Ground-water microbiology and geochemistry*. 2. Ed. John Wiley & Sons. 477 pp. 2000.

E-GEO. *Sistema Nacional de Informações Geocientíficas – glossário de termos hidrogeológicos*. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Portugal: Amadora. 2008. Disponível em: [http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico\\_hidro/glossario.aspx?letra=N](http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx?letra=N).

Acesso em: 29 mar. 2008

FERNÍCOLA, N.G.; AZEVEDO, F. A.. *Metemoglobinemia e nitrato nas água*. Revista de Saúde Pública. São Paulo. 1981. 15: p. 242-248.

FERREIRA NETO, J.V.; SANTOS, R.J.; WANDERLEY, P.R.; CAVALCANTE, A.T. *Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas em Área do Tabuleiro do Martins, Maceió, Alagoas*. Revista Águas Subterrâneas nº 16/Maio pp. 47-59. 2000.

FOSTER, S. et al. *Protección de la calidad del agua subterránea – guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Banco Mundial. Estados Unidos: Washington-D.C.. 2002.

GOOGLE. *Google Earth*. Disponível em: <http://earth.google.com>. Acesso em: 03 Jun. 2008.

GOOGLE. *Google Maps*. Disponível em: <http://maps.google.com>. Acesso em: 03 Jun. 2008.

HEM, J.D.. *Study and interpretation of the Chemical Characteristics os Natural Water*. U.S. Geological Survey Water-Supply. 2254, 263 pp.

HERRANZ, M.; CLERIGUÉ, N.. *Intoxicación en niños. Metahemoglobinemia*. Anales Sis San Navarra. Espanha: Pamplona. 2003. 26(supl. 1): p. 209-223.

KREMER, T.O..*Resinas de troca iônica*. Kurita. São Paulo. 2007.

LIBÂNIO, M.. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Editora Átomo. São Paulo: Campinas. 444p. 2005

PULIDO, J.L.. *Hidrogeologia Practica*. URMO, S.A. de ediciones. Espartero, 10. Bilbao-9 España. P. 314. Il. 1978.

REIS, M.C.. *Alterações antropogénicas do ciclo do nitrogênio* Disponível no site: <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=6191&iLingua=1>. Acesso em: 30 Mar. 2008. 2000.

ROCHA, W.J.. *Estudo da salinização das águas subterrâneas na região de Maceió a partir da integração de dados hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e geolétricos*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Brasília. 2005.

SALDANHA, L.A.; CAVALCANTE, A.T.; WANDERLEY, P.R & ROCHA, F.C.. *Contribuição da geologia para a qualificação de áreas para fins hidrogeológicos em Alagoas*. In: Anais do I Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS. Pernambuco: Recife. pp. 223-227. 1988

SANTOS, R.J. FERREIRA J.V.; CAVALCANTE. A.T. & WANDERLEY, P.R.. *Condicionamento da geologia estrutural na potencialidade das águas subterrâneas em áreas do Município de Maceió-AL*. In: IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, Pernambuco: Olinda. p. 283-288. 2001.

SCHWARTZ, J.L.; GOLDSTEIN, R. *Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia*. Journal of Epidemiology & Community Health. 54(1):45-51. 2000.

SEMARH. *Boletim Meteorológico 2007*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Alagoas: Maceió. 2007.

SEPLAN. *Anuário Estatístico do Estado de Alagoas 2006*. Secretaria de Planejamento do Estado de Alagoas. Alagoas: Maceió. 2006.

SILVA, S.A.; OLIVEIRA, R.. *Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias*. Paraíba: Campina Grande. 2001. 266 pp.

SMCCU. *Base Cartográfica da Prefeitura Municipal de Maceió*. 2000.

STANDARD METHODS. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association, Washington, 1998.

TURRA, M.; AYAB, M.A.. *Estudo da variação quantitativa de nitratos e nitritos adicionados nos embutidos coloniais*. Revista do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo. 1999. 58(2):113-120, jul.-dez. graf.

THORNTHWAITE & MATHER. *The Water Balance. Publications Climatology* .Vol VIII no. 1, Laboratory of Climatology, Drexel Institute of Technology, Centerton, New Jersey, 104 p. 1955.

**ANEXO I - CADASTRO DOS POÇOS DO BAIRRO FAROL – MACEIÓ**




## CADASTRO GERAL DOS POÇOS DO BAIRRO FAROL – MACEIÓ - ALAGOAS


N.º	DATA	Código	Proprietário	LOCAL	BAIRRO	UTM E (m)	UTM N (m)	P (m)	NE (m)	ND (m)	s <sub>w</sub> (m)	Q (m³/h)	q (m³/h/m)	Unidade
1		CEP 01	Gov. Estadual	CEAGB	Farol	199130	8933029		44,80					Tb
2	07/08/90	VSO 01	Particular	Vale do Sol	Farol	199240	8931980	87,00	12,55	26,34	13,79	29,333	2,127	Kmrt
3	05/07/96	TEL 01	Particular	TELASA-DSG	Farol	199360	8932580	80,00	44,60					Tb
4	19/02/93	HTA 01	Particular	Condomínio Heckel Tavares	Farol	199540	8932390	80,00	36,77	37,70	0,93	8,425	9,059	Tb
5		PA04	CASAL	Reservatório 2A III	Farol	199471	8932377	147,00	42,28	59,45		66,000		Tb/Kmrt
6	11/01/90	PBL 08	CASAL	Reservatório 2A II	Farol	199506	8932377	133,00	48,59	53,58	4,99	22,628	4,535	Tb/kmrt
7	14/12/99	CCR 01	Particular	Colégio Cristo Rei	Farol	199563	8932461	82,00	49,91	50,36	0,45	3,270	7,267	Tb
8	18/11/83	PBL 01	CASAL	Ladeira do Bolão	Farol	199600	8931858	118,00	11,50	30,95	19,45	208,000	10,694	Tb/kmrt
9	15/08/94	PBL 06	CASAL	Reservatório 2A I	Farol	199612	8932439	140,00	42,28	59,45	17,17	66,000	3,844	Tb/Kmrt
10	15/05/91	PBL 03 B	CASAL	Ladeira do Bolão	Farol	199647	8931764	117,00	22,28	42,00	19,72	96,800	4,909	Tb/Kmrt
11	05/03/89	ITA 01	Particular	Edifício Itaparica	Farol	199676	8932868	80,00	42,35	49,22	6,87	8,470	1,233	Tb
12	25/11/92	VBA 01	Particular	Edifício Village Le Baron	Farol	199701	8932934	72,00	43,36	43,71	0,35	3,770	10,771	Tb
13	02/04/93	TCO 01	Gov. Estadual	Tribunal de Contas	Farol	199702	8933020							Tb/Kmrt
14	23/07/99	ACB 01	Particular	Antônio C. B. Lima	Farol	199739	8932170	76,00	45,44	45,95	0,51	3,551	6,963	Tb
15	11/12/87	PLB 01	CASAL	Praça Gonçalves Lêdo	Farol	199808	8930970	129,00	46,55	50,98	4,43	18,000	4,063	Tb
16	21/09/87	PLB 04	CASAL	Praça Gonçalves Lêdo	Farol	199810	8930965	113,00	32,12	33,53	1,41	22,628	16,048	Tb
17	27/08/01	SCI 05	Particular	Shopping Cidade de Maceió	Farol	199788	8932659	80,00	41,28	43,45	2,17	3,600	1,659	Tb
18	23/11/02	PBL 04 A	CASAL	Ladeira do Bolão	Farol	199873	8932145	150,00	43,22	67,14	23,92	88,000	3,679	Kmrt
19	17/03/95	TVP 01	Particular	TV Pajuçara	Farol	199886	8930649	80,00	48,00	51,50	3,50	4,800	1,371	Tb
20	28/04/92	PFE 01	Particular	Edifício Porto Ferrário	Farol	199919	8931029	64,00	41,42	42,62	1,20	6,000	5,000	Tb
21	16/09/99	LSA 01	Particular	Laboratório Sabin	Farol	199919	8930867	80,00	51,37	55,48	4,11	4,258	1,036	Tb

22	23/03/95	PLB 02A	CASAL	Praça Gonçalves Lêdo	Farol	199924	8930919	149,00	49,83	56,12	6,29	79,200	12,591	Tb/kmrt
23	25/05/88	PLB 03	CASAL	Praça Gonçalves Lêdo	Farol	199940	8930991	133,00	47,78	49,51	1,73	12,911	7,463	Tb
24	27/01/95	PA11	Particular	Clínica Infantil Santa Terezinha	Farol	199987	8931947	74,00	40,07	41,03	0,96	7,401	7,709	Tb
25	11/03/91	EFR 01	Particular	Edifício Erick Fromm	Farol	200011	8930783	84,00	43,00	47,00	4,00	1,800	0,450	Tb
26	30/12/85	HBP 01	Particular	Hiper Bom Preço	Farol	200012	8932723	108,00	35,00	38,50	3,50	5,140	1,469	Tb
27	30/08/01	HBP 02	Particular	Supermercado Bompreço	Farol			82,00	41,83	48,32		3,200	0,490	Tb
28	06/01/98	POR 01	Particular	Edifício Porchat	Farol	200082	8930702	72,00	46,05	49,03	2,98	4,658	1,563	Tb
29	07/08/01	VMN 01	Particular	Vinicius Maia Nobre	Farol	200094	8932580	80,25	40,85	42,28	1,43	3,750	2,622	Tb
30	01/07/88	ECE 01	Particular	Edifício Campos Eliseos	Farol	200135	8931310	81,00	32,88	36,05	3,17	7,902	2,493	Tb
31	04/10/00	MIQ 01	Particular	Edifício Miquelangelo	Farol	200159	8930671	60,00	41,30	44,75	3,45	2,400	0,696	Tb
32	03/07/02	TCA 01	Particular	Edifício Thomaz Cavalcante	Farol	200162	8932586	74,00	37,00	39,16	2,16	9,000	4,167	Tb
33	10/09/92	BGR 01	Particular	Edifício Boca da Grota	Farol	200226	8932572	60,00	32,43	35,52	3,09	3,780	1,223	Tb
34	04/05/95	EUG 01	Particular	Edifício Eugênio I	Farol	200250	8931404	78,00	34,00	35,00	1,00	5,460	5,460	Tb
35	26/12/00	VVI 01	Particular	Verde Vivo	Farol	200255	8930871	60,00	32,12	35,37	3,25	6,380	1,963	Tb
36	11/05/92	CBA 01	Particular	Colégio Batista Alagoano	Farol	200331	8930804	62,00	37,03	38,43	1,40	6,500	4,643	Tb
37	24/01/98	SCJ 01	Particular	Convento Sagrado Coração de Jesus	Farol	200335	8932001	80,00	37,20	39,00	1,80	4,658	2,588	Tb
38	25/02/93	CIM 01	Particular	Clínica Infantil de Maceio	Farol	200342	8932147	70,50	38,57	58,26	19,69	5,160	0,262	Tb
39	19/10/01	PA10	Particular	Instituto da Visão	Farol	200347	8931865	80,00	40,50	42,78	2,28	7,071	3,101	Tb
40	26/05/94	CMM 01	Particular	Colégio Marista de Maceió	Farol	200389	8931250	86,00	37,00	39,70	2,70	3,807	1,410	Tb
41	30/05/99	PSR 01	CASAL	Praça Santa Rita	Farol	200413	8931836	152,00	41,96	60,94	18,98	44,000	2,318	Tb/Kmrt
42	08/03/95	CCB 01	Particular	Carlos Bastos	Farol	200443	8931145	82,00	35,00	37,00	2,00	3,771	1,886	Tb
43	27/07/00	CMM 02	Particular	Colégio Marista de Maceió	Farol	200490	8931250	80,00	39,66	41,56	1,90	2,475	1,303	Tb/Kmrt
44		PA01	Particular	Edifício Carrion de Los Condes	Farol	199745	8932656	80,00	45,47	51,38	1,50	2,980	6,540	Tb
45		PA02	Particular	Edifício Caiana	Farol	199536	8932569	80,00	49,91	50,36	0,45	3,270	7,267	Tb
46		PA03	Particular	Clínica Santa Juliana	Farol	199550	8932481	82,00	48,75	50,78	0,43	3,180	7,120	Tb

47		PA09	Particular	Edifício Palais de Versailles	Farol	199611	8932230	80,00	40,41	44,53					Tb
48		PA07	Particular	Correios	Farol	199349	8932525	80,00	45,23	48,71					Tb
49		PA08	Particular	Hospital Portugal Ramalho	Farol	199262	8932719	82,00	46,78	49,86					Tb
50		PA05	Particular	Edifício em Construção	Farol	199649	8932462	82,00	43,60	49,98					Tb
51		PA12	Particular	Colégio Nossa Senhora do Amparo	Farol	199889	8932010	80,00	40,24	42,75					Tb
52		PA13	Particular	Edifício Benedito Bentes I	Farol	200042	8932044	80,00	39,98	43,67					Tb
53		PAVN	Particular	Posto Avenida	Farol	200059	8931326	80,00	40,72	41,33		3,341	5,477		Tb
54		PA14	Particular	Posto Avenida II	Farol	199951	8932061	80,00	39,92	48,87		13,423	8,95		Tb

**ANEXO II - RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS  
PONTOS DE AMOSTRAGEM**

 <p>INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE ESTADO DE ALAGOAS</p> <p>Av. Major Cicero de Góes Monteiro, 2197, Mutante CEP: 57017-320 – Maceió/AL Fones: 3315-1738 / 1766; Fax 3315-1732</p>		<p><b>DIRETORIA DE LABORATÓRIO AMBIENTAL – DILAB</b> <b>GERÊNCIA DE LABORATÓRIO AMBIENTAL / GLAM</b></p>		<p>RA 135 FQ</p>								
Interessado: SEMARHN – Monitoramento de Poços				Fone:								
Endereço:				Município: Maceió								
<b>DADOS DA AMOSTRA</b>												
Local da coleta: Diversos												
Município: Maceió		Estado: Alagoas		Origem: Água de Poço								
Responsável pela coleta: Ricardo de Oliveira												
Data da coleta: 09/01/08			Data da entrada no laboratório: 09/01/08									
<b>PROCEDÊNCIA DA(S) AMOSTRA(S)</b>												
1309	Água do Poço do Edf. Carrion de Los Condes											
1310	Água da CASAL do Edf. Carrion de Los Condes											
1311	Água do Poço do Edf. Ciana, 325											
1312	Água do Poço da Clínica Santa Juliana											
1313	Água do Poço do Reservatório RZA - CASAL											
1314	Água do Poço do Edf. Em Construção											
1315	Água do Poço do Colégio Cristo Rei											
1316	Água do Poço do Correios											
1317	Água do Poço da Casa de Saúde Portugal Ramalho											
1318	Água do Poço do Edf. Palais de Versailles											
<b>RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS</b>												
Parâmetros analíticos	Padrões especificados de potabilidade Portaria Nº 518/2004, Ministério da Saúde	Métodos	Resultados / Amostras									
			1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318
Cloreto	Até 250 mg/L Cl <sup>-</sup>	SMEWW 4500 Cl <sup>-</sup> B	49,98	44,54	39,09	43,05	33,65	45,03	48,49	56,41	61,36	51,46
Condutividade	µS/cm	SMEWW 2510 B	319,0	252,0	285,0	258,0	184,7	242,0	253,0	314,0	289,0	270,0
Nitrato	Até 10 mg/L N	SMEWW 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	5,47	3,70	5,74	4,02	0,75	5,95	4,29	4,95	3,27	5,34
Nitrato	Até 1,0 mg/L N	SMEWW 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
pH	6,0 a 9,5	SMEWW 4500 H <sup>+</sup> B	3,93	4,55	3,77	3,82	4,97	4,25	4,34	4,29	4,37	4,38
Cor	Até 15 uH*	SMEWW 2120 C	3,6	5,9	3,6	7,0	7,0	4,7	5,8	9,2	5,8	8,1
Turbidez	Até 5 UT	SMEWW 2130 B	< 0,10	0,60	0,60	< 0,10	58,80	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10
<p><b>CONCLUSÃO:</b> As análises realizadas no Laboratório Ambiental demonstram que os resultados de Turbidez na amostra 1313 e o de pH nas amostras encontras-se fora dos padrões especificados de potabilidade da Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, em águas destinadas ao consumo humano.. Entretanto, a RDC Nº 274, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que trata do Regulamento Técnico para Águas Envasadas e Gelo não especifica o limite para o parâmetro pH. Outrossim, salientamos que estes valores são característicos para águas subterrâneas (Água Natural e Água Mineral Natural), mas não para água Tratada..</p> <p><b>NOTA:</b> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”- APHA - ANWA – WPCF, 20ª Edição.</p>												
Maceió, 05 de junho de 2008.												
Regina Lúcia Pinheiro de Carvalho Gerente / GLAM						Manuel Messias dos Santos Diretor / DILAB						
<i>“Documento verificada e aprovada por meios eletrônicos”</i>												

 <p>INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE ESTADO DE ALAGOAS</p> <p>Av. Major Cicero de Góes Monteiro, 2197, Mutante CEP: 57017-320 – Maceió/AL Fones: 3315-1738/ 1766; Fax 3315-1732</p>	<p><b>DIRETORIA DE LABORATÓRIO AMBIENTAL – DILAB</b> <b>GERÊNCIA DE LABORATÓRIO AMBIENTAL / GLAM</b></p>	<p><b>RA 140 FQ</b></p>						
<p>Interessado: SEMARHN – Monitoramento de Poços - Jamesson</p>	<p>Fone:</p>							
<p>Endereço:</p>	<p>Município: Maceió</p>							
<p><b>DADOS DA AMOSTRA</b></p>								
<p>Local da coleta: Diversos</p>								
<p>Município: Maceió</p>	<p>Estado: Alagoas</p>	<p>Origem: Água de Poço</p>						
<p>Responsável pela coleta: Ricardo de Oliveira</p>								
<p>Data da coleta: 09/01/08</p>	<p>Data da entrada no laboratório: 09/01/08</p>							
<p><b>PROCEDÊNCIA DA(S) AMOSTRA(S)</b></p>								
<p>1377</p>	<p>Água do instituto da Visão - Farol</p>							
<p>1378</p>	<p>Água da Clínica Santa Terezinha</p>							
<p>1379</p>	<p>Água do Colégio Nossa Senhora do Amparo - Farol</p>							
<p>1380</p>	<p>Água do Edf. Benedito Bentes</p>							
<p>1381</p>	<p>Água do Posto Avenida</p>							
<p>1382</p>	<p>Água do Edf. Bariloche</p>							
<p><b>RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS</b></p>								
Parâmetros analíticos	Padrões especificados de potabilidade Portaria Nº 518/2004, Ministério da Saúde	Métodos	Resultados / Amostras					
			1377	1378	1379	1379	1380	1381
<p>Cloreto</p>	<p>Até 250 mg/L Cl<sup>-</sup></p>	<p>SMEWW 4500 Cl<sup>-</sup> B</p>	<p>54,93</p>	<p>47,90</p>	<p>38,60</p>	<p>51,46</p>	<p>35,13</p>	<p>35,63</p>
<p>Condutividade</p>	<p>µS/cm</p>	<p>SMEWW 2510 B</p>	<p>334,0</p>	<p>298,0</p>	<p>265,0</p>	<p>331,0</p>	<p>217,0</p>	<p>176,8</p>
<p>Nitrato</p>	<p>Até 10 mg/L N</p>	<p>SMEWW 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> E</p>	<p>3,14</p>	<p>2,43</p>	<p>3,84</p>	<p>3,34</p>	<p>2,21</p>	<p>0,92</p>
<p>Nitrito</p>	<p>Até 1,0 mg/L N</p>	<p>SMEWW 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> B</p>	<p>&lt; 0,01</p>	<p>&lt; 0,01</p>	<p>&lt; 0,01</p>	<p>&lt; 0,01</p>	<p>&lt; 0,01</p>	<p>&lt; 0,01</p>
<p>pH</p>	<p>6,0 a 9,5</p>	<p>SMEWW 4500 H<sup>+</sup> B</p>	<p>4,66</p>	<p>4,84</p>	<p>4,72</p>	<p>4,86</p>	<p>5,45</p>	<p>4,74</p>
<p>Cor</p>	<p>Até 15 uH*</p>	<p>SMEWW 2120 C</p>	<p>2,5</p>	<p>8,11</p>	<p>4,7</p>	<p>1,4</p>	<p>3,6</p>	<p>2,5</p>
<p>Turbidez</p>	<p>Até 5 UT</p>	<p>SMEWW 2130 B</p>	<p>&lt; 0,1</p>	<p>&lt; 0,1</p>	<p>&lt; 0,1</p>	<p>0,29</p>	<p>0,10</p>	<p>&lt; 0,1</p>
<p><b>CONCLUSÃO:</b> As análises realizadas no Laboratório Ambiental demonstram que os resultados de pH nas amostras encontram-se fora dos padrões especificados de potabilidade da Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, em águas destinadas ao consumo humano.. Entretanto, a RDC Nº 274, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que trata do Regulamento Técnico para Águas Envasadas e Gelo não especifica o limite para o parâmetro pH. Outrossim, salientamos que estes valores são característicos para águas subterrâneas (Água Natural e Água Mineral Natural), mas não para água Tratada..</p>								
<p><b>NOTA:</b> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”- APHA - ANWA – WPCF, 20ª Edição.</p>								
<p>Maceió, 09 de junho de 2008.</p>  <p>Regina Lúcia Pinheiro de Carvalho Gerente / GLAM</p> <p>Manuel Messias dos Santos Diretor / DILAB</p> <p>“Documento verificado e aprovada por meios eletrônicos”</p>								