

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA SUBSIDIAR A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ.

**Relatório Final - RF
Volume II**

Geologia, Hidrogeologia e Hidroquímica



República Federativa do Brasil

Dilma Vana Roussef

Presidente

Ministério do Meio Ambiente

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Ministra

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada

Vicente Andreu – Diretor-Presidente

Dalvino Troccoli Franca

João Gilberto Lotufo Conejo

Paulo Lopes Varella Neto

Paulo Rodrigues Vieira

Superintendência de Implementação e Programas e Projetos

Ricardo Medeiros de Andrade

Humberto Cardoso Gonçalves

Gerência de Águas Subterrâneas

Fernando Roberto de Oliveira (Gerente)

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso

Flávio Soares do Nascimento

Leonardo de Almeida

Márcia Tereza Pantoja Gaspar

Marco Vinicius Castro Gonçalves

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso (ANA)

Fernando Roberto de Oliveira (ANA)

Flávio Soares do Nascimento (ANA)

Hugo Fernandes dos Santos Pedrosa (SEMARH/AL)

Jorge Francisco de Araújo (SEMARH/AL)

Rochana de Andrade Lima (SEMARH/AL)

Wilton José Silva da Rocha (SEMARH/AL)

Consórcio PROJETEC/TECHNE (Coordenação Geral)

João Guimarães Recena

Luiz Alberto Teixeira

Antonio Carlos de Almeida Vidon

Gerência do Contrato

Marcelo Casiuch

Membros da Equipe Técnica Executora

Waldir Duarte Costa (Coordenador)

Almany Costa Santos

Audrey Oliveira de Lima

Carine Antunes Correia Marinho

Dante Melo

Francis Miller Judas Virtuoso da Silva

Givanildo Oliveira

Iremar Accioly Bayma

João Manoel Filho

José Coelho de Araújo Filho

José Geilson Alves Demetrio

Maria Carolina da Motta Agra

Mario Amilde Valença dos Santos

Simone Rosa e Silva

Terezinha Matilde de Menezes Uchôa

**ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA SUBSIDIAR A GESTÃO
SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ**

Volume II

Geologia, Hidrogeologia e Hidroquímica

Setembro/2011

Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco B, L e M
CEP: 70610-200, Brasília – DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Equipe:

Agência Nacional de Águas – ANA
Superintendência de Implementação de Programas e Projetos – SIP

Elaboração e execução:

Consórcio PROJETEC-TECHNE

Todos os direitos reservados

É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

Estudos Hidrogeológicos para Subsidiar a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos Subterrâneos na Região Metropolitana de Maceió.

Vol. II - Geologia, Hidrogeologia e Hidroquímica.

Brasília: ANA, SIP, 2011.

1. Recursos hídricos
2. Região Metropolitana de Maceió
 - I. Agência Nacional de Águas
 - II. Consórcio PROJETEC-TECHNE.

SUMÁRIO

6. ESTUDOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS	15
6.1. Geologia	15
6.1.1. Geologia Regional	15
6.1.2. Geologia Local.....	18
6.1.2.1. Maciço Pernambuco-Alagoas.....	20
6.1.2.2. Bacia de Alagoas.....	21
6.1.3. Arcabouço Tectônico.....	30
6.2. Hidrogeologia.....	31
6.2.1. Sistema Aquífero Fissural.....	31
6.2.2. Sistema Aquífero Intersticial ou Poroso.....	33
6.2.2.1. Bacia Sedimentar de Alagoas	33
6.2.2.2. Sistema Aquífero Barreiras.....	38
6.2.2.3. Sistema Aquífero Sedimentos de Praia e Aluvião	40
7. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS COMO SUPORTE AO ESTUDO HIDROGEOLÓGICO... 42	42
7.1. Cadastramento de Poços e Fontes Potenciais de Contaminação	42
7.2. Eleição da Rede Potenciométrica.....	50
7.3. Potenciometria do Sistema Aquífero Livre a Semilivre.....	51
7.3.1. Medição de Níveis Estáticos.....	51
7.3.2. Nivelamento dos Poços	52
7.3.2.1. Metodologia	52
7.3.2.2. Bases Utilizadas	52
7.3.3. Análise do Mapa Potenciométrico	53
7.4. Eleição da Rede Qualitativa	53
7.4.1. Coleta de Amostras para Análises Físico-Químicas	55
7.4.3. Coleta de Amostras para Análises de BETEX e Fenóis.....	59
7.4.4. Coleta de Amostras para Análises de Isótopos Naturais	60
8. ESTUDOS HIDROQUÍMICOS.....	62
8.1. Análise Físico-Química de Águas.....	62
8.1.1. Introdução.....	62
8.1.2.1. Cor e Turbidez.....	78
8.1.2.2. pH.....	81
8.1.2.3. Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos	82
8.1.2.4. Dureza	84
8.1.2.5. Cloretos	86
8.1.2.6. Sulfato.....	91

8.1.2.7. Bicarbonato.....	93
8.1.2.8. Carbonato.....	94
8.1.2.9. Nitrato.....	95
8.1.2.10. Sódio.....	97
8.1.2.11. Cálcio.....	98
8.1.2.12. Potássio.....	99
8.1.2.13. Magnésio.....	100
8.1.2.14. Sílica.....	101
8.1.2.15. Ferro.....	103
8.1.3. Classificação das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió.....	104
8.1.3.1. Classificação pelos Sólidos Totais Dissolvidos.....	104
8.1.3.2. Classificação pela Dureza Total.....	105
8.1.3.3. Classificação pelo pH.....	107
8.1.3.4. Classificação das Águas Segundo os Íons Dominantes.....	109
8.1.4. Classificações Quanto aos Usos Preponderantes das Águas Subterrâneas.....	114
8.1.4.1. Qualidade das Águas para o Consumo Humano.....	114
8.1.4.2. Qualidade da Água para Uso Agrícola.....	117
8.1.4.3. Qualidade das Águas para o Consumo Animal.....	121
8.1.4.4. Padrões para Indústria.....	121
8.1.5. Relações Iônicas (Índices Hidrogeoquímicos).....	123
8.1.6. Análise Conclusiva sobre a Hidroquímica das Águas Subterrâneas da RMM.....	129
8.1.7. Distribuição Espacial das Águas Subterrâneas da RMM.....	130
8.2. Parâmetros Avaliados no Caso de Suspeita de Contaminação.....	143
8.2.1. Análises Bacteriológicas.....	143
8.2.2. Análises de BETEX e FENÓIS.....	148
8.3. Coleta de Amostras e Realização de Análises de Isótopos Naturais.....	150
8.4. Resultados das Análises de Isótopos Naturais.....	150
BIBLIOGRAFIA.....	155

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 6.1 – Cota do topo (metros) das unidades litoestratigráficas.	23
Quadro 7.1 – Resumo dos dados construtivos e hidráulicos dos poços cadastrados na Região Metropolitana de Maceió.....	43
Quadro 7.2 – Resumo das características dos poços para abastecimento público na RMM.	47
Quadro 7.3 – Resumo das características dos poços de particulares na RMM.....	47
Quadro 7.4 – Análise estatística do regime de exploração dos poços públicos na RMM.	49
Quadro 7.5 – Análise estatística do regime de exploração dos poços particulares na RMM.	49
Quadro 7.6 - Relação de localidades onde foram coletadas amostras de água de poços para realização de análises físico-químicas.....	56
Quadro 7.7 – Relação de localidades dos pontos de coleta de amostras para análises bacteriológicas.	58
Quadro 7.8 – Relação de localidades dos pontos de coleta de amostras para análises de BETEX e fenóis.	59
Quadro 7.9 – Localização dos poços onde foram coletadas amostras para realização de análises de isótopos naturais.	60
Quadro 8.1 – Resultados das análises físico-químicas da 1ª e 2ª campanha.....	64
Quadro 8.2 – Resultados das análises físico-químicas em miliequivalentes.	70
Quadro 8.3 – Valores médios dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.....	74
Quadro 8.4 – Valores médios dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.....	75
Quadro 8.5 – Valores de medida de dispersão dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	76
Quadro 8.6 – Valores de medida de dispersão dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	77
Quadro 8.7 – Distribuição dos dados por aquífero.	78
Quadro 8.8 – Poços que apresentaram anomalias na cor e turbidez.	79
Quadro 8.9 - Variação da cor e turbidez por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	80

Quadro 8.10 - Variação da cor e turbidez por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	80
Quadro 8.11 - Variação do pH por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.....	81
Quadro 8.12 - Variação do pH por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.....	81
Quadro 8.13 – Variação da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos na RMM da 1ª campanha de amostragem.....	82
Quadro 8.14 - Variação da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos na RMM da 2ª campanha de amostragem.....	83
Quadro 8.15 - Variação da dureza por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	85
Quadro 8.16 - Variação da dureza por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	86
Quadro 8.17 – Poços que apresentaram anomalias de cloreto.	87
Quadro 8.18 - Variação de cloretos por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	87
Quadro 8.19 - Variação de cloretos por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	87
Quadros 8.20 – Poços que apresentaram valores anômalos de sulfato na 1ª etapa de amostragem.	92
Quadro 8.21 - Variação de sulfato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	92
Quadro 8.22 - Variação de sulfato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	92
Quadro 8.23 - Variação de bicarbonato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	93
Quadro 8.24 - Variação de bicarbonato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	93
Quadro 8.25 - Variação do carbonato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	94
Quadro 8.26 - Variação do carbonato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	95
Quadro 8.27 - Variação do nitrato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	96
Quadro 8.28 - Variação do nitrato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	96
Quadro 8.29 - Variação do sódio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem...	97
Quadro 8.30 - Variação do sódio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem..	97

Quadro 8.31 - Variação do cálcio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem. .	98
Quadro 8.32 - Variação do cálcio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem. .	99
Quadro 8.33 - Variação do potássio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	99
Quadro 8.34 - Variação do potássio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	100
Quadro 8.35 - Variação do magnésio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	101
Quadro 8.36 - Variação do magnésio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	101
Quadro 8.37 - Variação da sílica por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.	102
Quadro 8.38 - Variação da sílica por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.	102
Quadro 8.39 - Variação do ferro por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem. .	103
Quadro 8.40 - Variação do ferro por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem. .	104
Quadro 8.41 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	104
Quadro 8.42 – Locais que apresentaram valores anômalos de STD.....	105
Quadro 8.43 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pela dureza total da 1ª campanha de amostragem.....	106
Quadro 8.44 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pela dureza total da 2ª campanha de amostragem.....	106
Quadro 8.45 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pelo pH da 1ª campanha de amostragem.	107
Quadro 8.46 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pelo pH da 2ª campanha de amostragem.	107
Quadro 8.47 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	109
Quadro 8.48 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	109
Quadro 8.49 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	110
Quadro 8.50 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	110

Quadro 8.51 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 1ª campanha de amostragem.....	111
Quadro 8.52 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 2ª campanha de amostragem.....	111
Quadro 8.53 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pela Razão de Adsorção de Sódio (RAS).	117
Quadro 8.54 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do <i>United States Salinity Laboratory</i> (USSL).	119
Quadro 8.55 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do <i>United States Salinity Laboratory</i> (USSL).	119
Quadro 8.56 - Classificação das águas da RMM para consumo animal.....	121
Quadro 8.57 – Relações iônicas das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (1ª fase).	123
Quadro 8.58 – Relações iônicas das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (2ª fase).	125
Quadro 8.59 – Poços com razões iônicas das águas subterrâneas da RMM (1ª campanha de amostragem).	128
Quadro 8.60 – Poços com razões iônicas das águas subterrâneas da RMM (2ª campanha de amostragem).	128
Quadro 8.61 – Resultados das análises bacteriológicas dos poços da RMM.....	145
Quadro 8.62 – Resultados dos parâmetros orgânicos.	148
Quadro 8.63 - Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e δD das análises na Região Metropolitana de Maceió.	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.1 – Situação da Bacia de Alagoas (Fonte: Rocha, 2005).....	16
Figura 6.2 – Carta estratigráfica da Bacia de Alagoas (modificada de Feijó, 1994).....	17
Figura 6.3 – Mapa Geológico da RMM (mapa anexo).....	19
Figura 6.4 - Mapa Geológico com poços da PETROBRAS do Quadro 6.1.....	21
Figura 6.5 – Mapa da Geologia pré-Formação Barreiras na RMM.	22
Figura 6.6 - Perfil Geológico SW – NE (perfil anexo) – Elaborado com apoio dos dados de poços (PETROBRAS, 1975), (quadro 6.1).....	32
Figura 6.7 - Mapa Geológico com Isópacas da Formação Maceió.	36
Figura 6.8 - Mapa Geológico com Isópacas da Formação Poção.....	37
Figura 6.9 – Mapa Geológico com Isópacas da Formação Marituba.	39
Figura 6.10 – Mapa Geológico com Isópacas da Formação Barreiras.	41
Figura 7.1 – Mapa Geológico com Poços Cadastrados.	44
Figura 7.2 – Mapa Geológico com Fontes Poluidoras.....	45
Figura 7.3 – Distribuição por faixa de variação da profundidade (em metros) dos poços na RMM.....	46
Figura 7.4 – Faixas de variação da vazão em m ³ /h dos poços na RMM nos aquíferos porosos.....	46
Figura 7.5 – Faixas de variação da profundidade (em metros) de poços públicos na RMM.	48
Figura 7.6 – Faixas de variação da profundidade (em metros) de poços particulares na RMM.....	48
Figura 7.7 – Faixas de variação da vazão (em m ³ /h) de poços públicos na RMM.....	48
Figura 7.8 – Faixas de variação da vazão (em m ³ /h) de poços particulares na RMM.	49
Figura 7.9 – Distribuição dos poços da RMM quanto ao seu funcionamento.	50
Figura 7.10 - Poço instalado com bomba em que foi colocado o tubo guia (em vermelho) para medição do nível estático.....	51
Figura 7.11 - Poço sem bomba em que foi colocado o tubo guia (em vermelho) para medição do nível estático.	52
Figura 7.12 – Marco SAT-93206 da UFAL.	53
Figura 7.13 – Base montada no poço PBL-02A.	53
Figura 8.1 - Mapa Geológico da RMM com a localização dos pontos de coleta d'água para as análises físico-químicas.	63

Figura 8.2 – Gráfico de Condutividade Elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os dados da 1ª campanha.....	83
Figura 8.3 – Gráfico Condutividade Elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os dados da 2ª campanha.....	84
Figura 8.4 – Gráfico Condutividade Elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os dados da 1ª e 2ª campanha.	84
Figura 8.5 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 08.	88
Figura 8.6 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 09b.	88
Figura 8.7 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 10a.	89
Figura 8.8 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 12b.	89
Figura 8.9 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 18.	90
Figura 8.10 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 19.	90
Figura 8.11 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço-PW-23.....	91
Figura 8.12 – Classificação pela dureza das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	106
Figura 8.13 – Classificação pela dureza das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	107
Figura 8.14 – Classificação pelo pH das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	108
Figura 8.15 – Classificação pelo pH das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	108
Figura 8.16 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	109
Figura 8.17 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	110
Figura 8.18 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.	110
Figura 8.19 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.	111
Figura 8.20 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 1ª campanha de amostragem.....	112
Figura 8.21 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 2ª campanha de amostragem.....	112

Figura 8.22 - Gráfico triangular de Piper para classificação iônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.....	113
Figura 8.23 - Gráfico triangular de Piper para classificação iônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.....	113
Figura 8.24 – Gráfico para a classificação das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do <i>United States Salinity Laboratory</i> (USSL).	118
Figura 8.25 – Gráfico para a classificação das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do <i>United States Salinity Laboratory</i> (USSL).	118
Figura 8.26 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do <i>United States Salinity Laboratory</i> (USSL).	120
Figura 8.27 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do <i>United States Salinity Laboratory</i> (USSL).	120
Figura 8.28 – Mapa de Sólidos Totais Dissolvidos – 1ª Campanha.....	131
Figura 8.29 – Mapa de Sólidos Totais Dissolvidos – 2ª Campanha.....	132
Figura 8.30 – Mapa de Condutividade Elétrica – 1ª Campanha.....	133
Figura 8.31 – Mapa de Condutividade Elétrica – 2ª Campanha.....	134
Figura 8.32 – Mapa de Cloretos – 1ª Campanha.	135
Figura 8.33 – Mapa de Cloretos – 2ª Campanha.	136
Figura 8.34 – Mapa de Sódio – 1ª Campanha.	137
Figura 8.35 – Mapa de Sódio – 2ª Campanha.	138
Figura 8.36 – Mapa de Nitrato – 1ª Campanha.....	139
Figura 8.37 – Mapa de Nitrato – 2ª Campanha.....	140
Figura 8.38 – Mapa de Nitrito – 1ª Campanha.	141
Figura 8.39 – Mapa de Nitrito – 2ª Campanha.	142
Figura 8.40 - δD versus $\delta^{18}O$ em amostras de água subterrânea da Região Metropolitana de Maceió.....	152
Figura 8.41 – Localização das amostras coletadas para as análises bacteriológicas, BETEX/fenóis e de isótopos naturais.....	154

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 8.1 - Classificação das águas segundo a dureza (mg/l - CaCO ₃).	85
Tabela 8.2 – Parâmetros e limites para os diversos usos (CONAMA-Portaria 396/2008)..	116
Tabela 8.3 - Critério de qualidade da água para indústrias (Mathess, 1982; Szikszay, 1993; Driscoll, 1986).....	122

6. ESTUDOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

6.1. Geologia

Neste capítulo é apresentada a caracterização da geologia regional e local onde está inserida a Região Metropolitana de Maceió, com descrição e distribuição das unidades litoestratigráficas como também as principais feições estruturais.

6.1.1. Geologia Regional

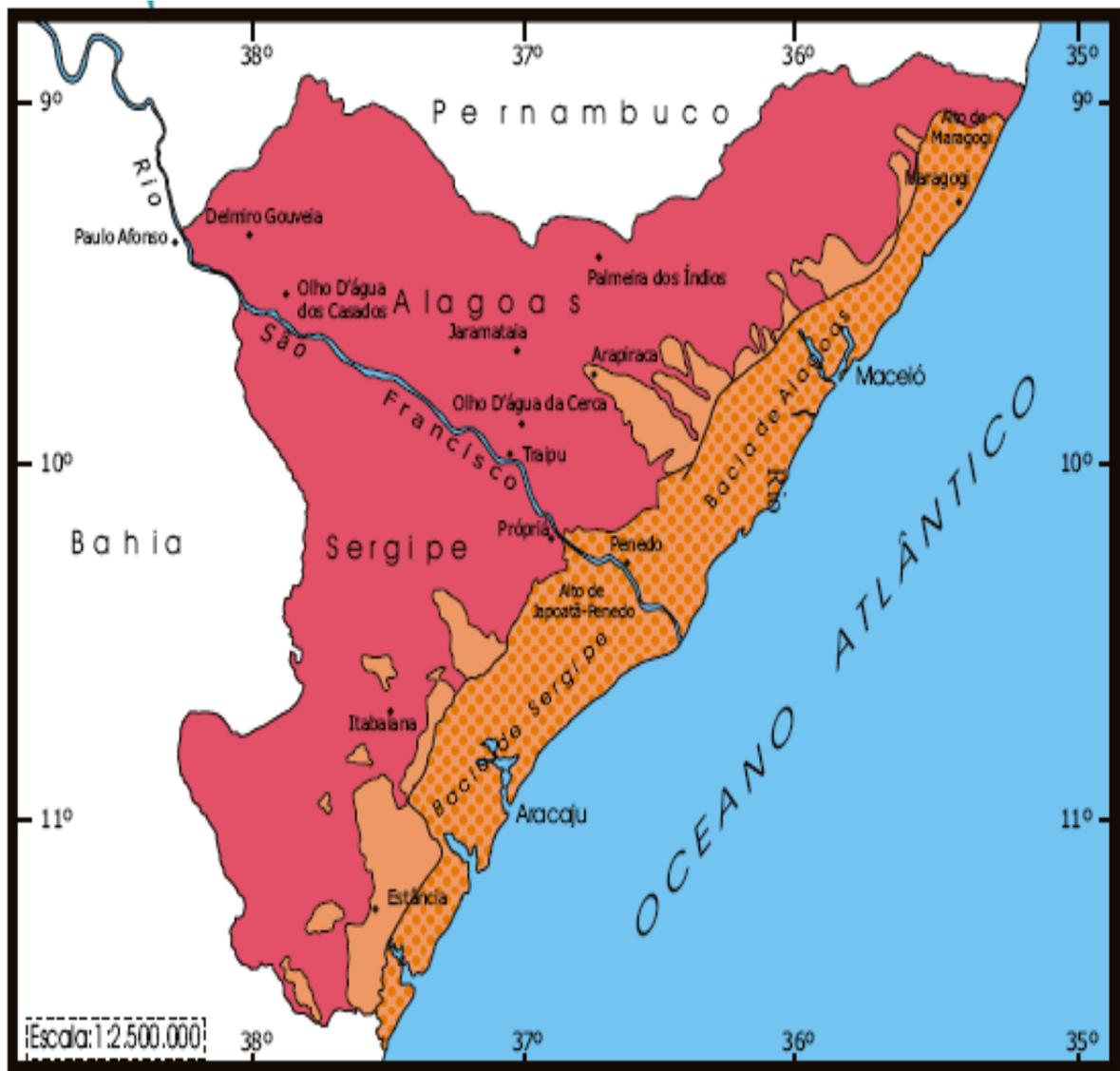
A Região Metropolitana de Maceió está situada regionalmente na faixa sedimentar litorânea do Estado de Alagoas, fazendo parte da Bacia de Alagoas, Formação Barreiras, Sedimentos de Praia e Aluvião e Embasamento Cristalino. Essa faixa sedimentar se estende ainda pelo Estado de Sergipe, onde recebe o nome de Bacia de Sergipe.

A geologia regional foi estudada por vários pesquisadores desde o início do século passado. Dentre eles destacamos os trabalhos realizados por Schaller (1969), Brito Neves (1975), Ojeda & Fugita (1976), Asmus e Baisch (1983), Asmus & Porto (1972), Figueiredo (1978), Ojeda (1982), Falkenhein (1984), Feijó & Lana (1990) e Feijó (1994).

A Bacia de Alagoas localiza-se ao longo da costa e plataforma continental cobrindo quase totalmente a margem oriental atlântica de Alagoas. 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. A 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 6.1).

Neste capítulo é apresentada a caracterização da geologia regional e local onde está inserida a Região Metropolitana de Maceió, com descrição e distribuição da Bacia de Alagoas, que 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 (Convênio PETROBRAS/DNPM, 1975) e sondagens, cujos resultados são atualmente expressos nos importantes depósitos de petróleo e/ou gás e salgema conhecidos na Região Metropolitana de Maceió.

Feijó (1994), 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) e incorporando as modificações propostas por Figueiredo (1978) e Feijó & Lana (1990) (figura 6.2).



Geologia

Cartografia

- Formação Barreiras
- Bacia de Alagoas e Sergipe
- Embasamento cristalino

- Cidade
- Rio
- Limite Interestadual

Figura 6.1 – Situação da Bacia de Alagoas (Fonte: Rocha, 2005).

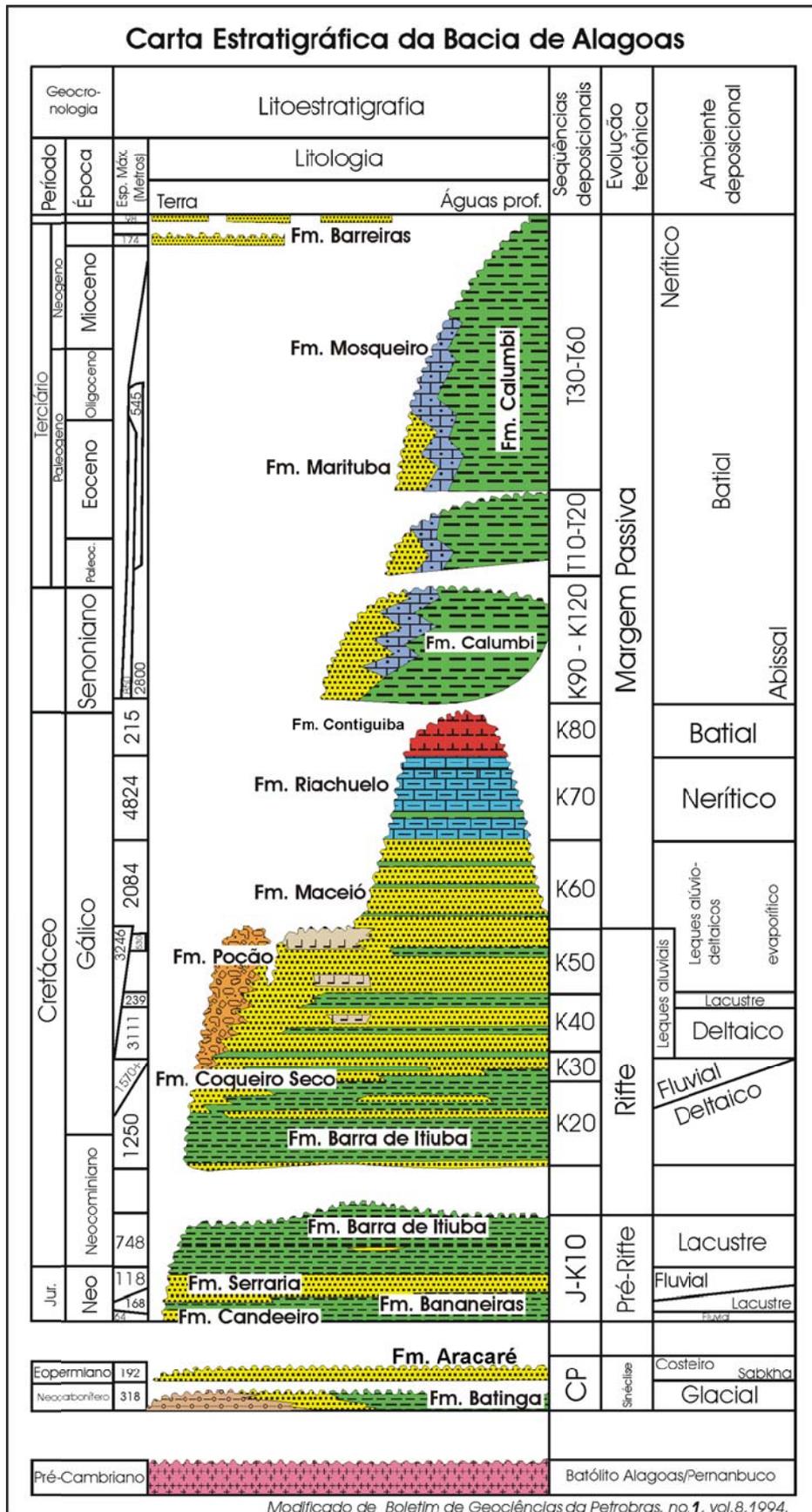


Figura 6.2 – Carta estratigráfica da Bacia de Alagoas (modificada de Feijó, 1994).

Esta bacia está sobreposta ao embasamento cristalino e mergulha suavemente espessando-se no sentido do oceano, onde sua história deposicional teve início no Paleozóico Superior, com os clásticos do Grupo Igreja Nova depositados em ambiente continental entre o Neocarbonífero e Eopermiano e os clásticos flúvio-lacustres do Grupo Perucaba no Neojurássico. Acima destes, estão os clásticos e evaporitos do Grupo Coruripe depositados em ambiente continental no Eocretáceo (até o Neo-aptiano).

Ainda no Cretáceo, o mar transgrediu sobre os depósitos da fase evaporítica protomarinha (Formação Muribeca), depositando-se do Aptiano Superior ao Coniaciano Inferior, os carbonatos marinhos do Grupo Sergipe. Sobrejacente ao Grupo Sergipe, tem-se o Grupo Piaçabuçu, constituído por clásticos grosseiros e carbonatos marinhos Neocretáceos e Terciários.

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 dessa formação pode ser considerada como um episódio independente, mais ligado à evolução da geomorfologia regional.

Finalmente, encerrando o processo de sedimentação, a variação do nível do mar e os agentes de erosão, propiciam até hoje, o acúmulo dos sedimentos marinhos, fluviais, eólicos e flúvio-lagunares que compõem as áreas baixas da planície costeira Quaternária.

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 grábens principais e secundários.

O Embasamento Cristalino está representado pelo Maciço Pernambuco–Alagoas, pertencente à Província Borborema, com ocorrência nos municípios de Pilar, Rio Largo e Messias.

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, 1975).

6.1.2. Geologia Local

Tratando-se da base principal para o entendimento das informações hidrogeológicas, serão discutidas as principais características geológicas e estratigráficas de cada unidade, conforme classificação de Feijó (1994) e mapa geológico (figura 6.3) que foi elaborado com base no Mapa Geológico da Bacia de Alagoas (escala de 1:25.000) publicado em 1975, pela PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S/A e DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral, ajustado com a imagem de satélite CBERS em escala 1.100.000.

Correlacionando-se os litotipos aflorantes na região e seus posicionamentos litoestratigráficos com as unidades indicadas da geologia regional, verifica-se que a maior parte destas rochas corresponde, em superfície, à exposição da Formação Barreiras em todo o domínio dos tabuleiros costeiros recobrimo a Bacia de Alagoas.

Na Planície Costeira e vales da rede hidrográfica, a região é superficialmente coberta pelos Sedimentos de Praia e Aluviões, que recobrem os sedimentos da Bacia de Alagoas, parte da Formação Barreiras e do embasamento cristalino.

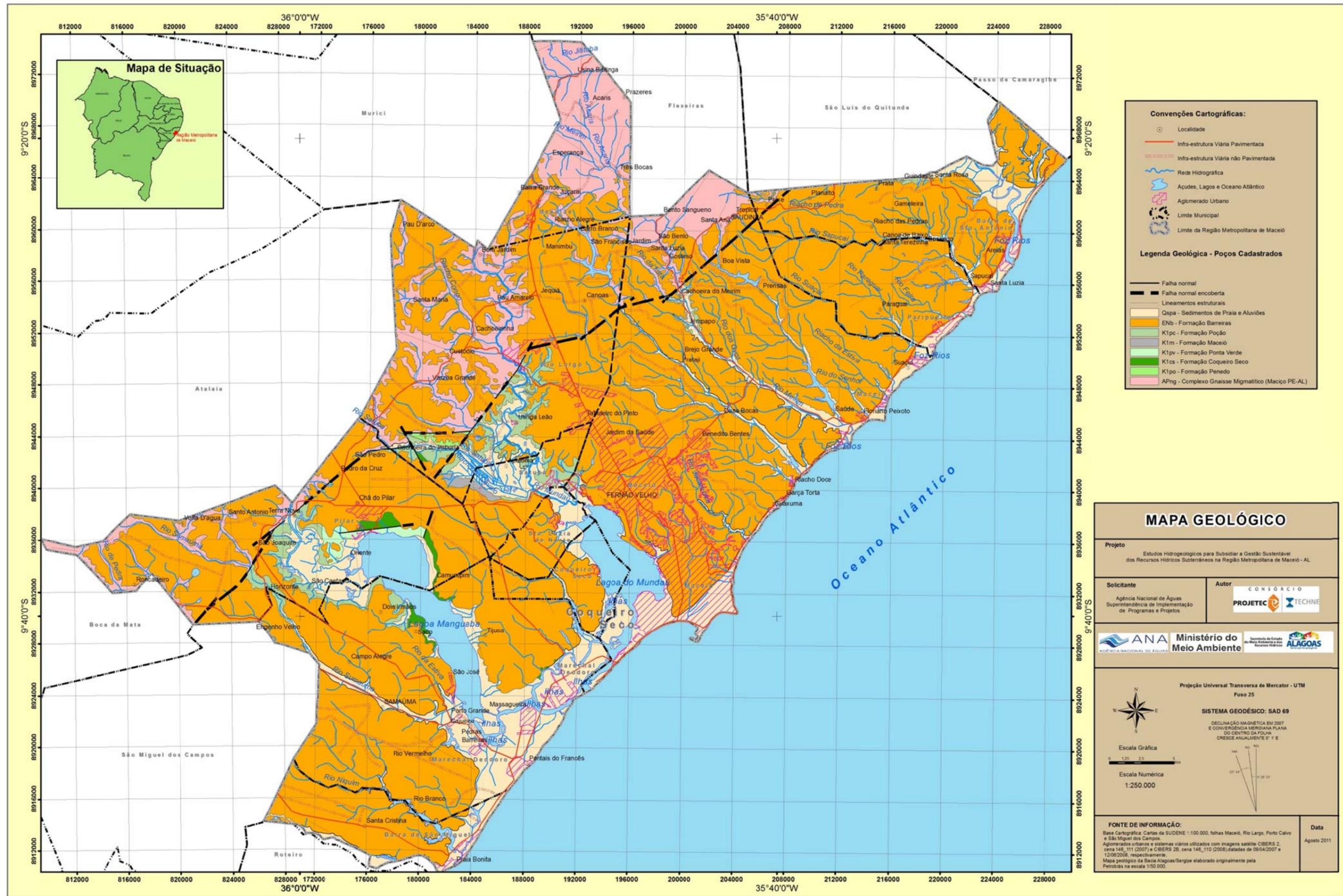


Figura 6.3 – Mapa Geológico da RMM (mapa anexo).

Na Região Metropolitana de Maceió os sedimentos da Bacia Alagoas praticamente ocorrem em subsuperfície, ressaltando apenas algumas ocorrências da Formação Maceió localizada em uma faixa de 1.200 m na localidade Riacho Doce ao sul da foz do riacho da Garça Torta, outra na margem esquerda do rio Messias e no baixo curso do vale do rio Satuba; a Formação Poção ocorre à oeste na zona de falha, principalmente nos vales dos rios Sumaúna, Paraíba e Mundaú; a Formação Coqueiro Seco ocorre na margem esquerda e direita da lagoa Manguaba e à oeste na zona de falha, principalmente nos vales dos rios Sumaúna e Varrela; a Formação Ponta Verde ocorre praticamente na margem esquerda do rio Paraíba à sudoeste da cidade de Pilar; a Formação Penedo ocorre numa pequena faixa na margem esquerda do rio Satuba no contato com rochas do embasamento cristalino (Figura 6.3).

O Embasamento Cristalino é representado, principalmente, pelos granitos e migmatitos do Maciço Alagoas-Pernambuco. 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, 1975).

6.1.2.1. Maciço Pernambuco-Alagoas

A descrição do maciço Pernambuco-Alagoas foi feita com base no Mapa Geológico do Estado de Alagoas publicado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral do Ministério das Minas e Energia DNPM/MME em convênio com a Empresa de Recursos Naturais de Alagoas EDRN-AL.

Também conhecido como Batólito Pernambuco-Alagoas (Schaller, 1969), o Maciço Pernambuco-Alagoas (Brito Neves, 1975) apresenta uma forma aproximadamente triangular com estrangulamento e protuberâncias laterais, tendo sua base entre Recife e Maceió.

Na faixa de domínio desse maciço, em área de abrangência da Região Metropolitana de Maceió, ocorre somente a sequência do embasamento cristalino representada pelo Complexo Migmatítico-Granítico.

O Complexo Migmatítico-Granítico é a unidade de maior representatividade dentro do maciço, sendo constituído predominantemente por rochas migmatíticas com estruturas diversificadas, ocorrendo, no entanto, com maior frequência os diatexitos os quais se encontram intimamente relacionados com os granitóides de fácies porfiróides, exibindo, via de regra, contatos difusos.

Não apresenta estruturas com características próprias, tendo sido adquiridas durante o processo de anatexia responsável pela formação das unidades litológicas presente no complexo.

Na zona rural e periferia das cidades de Rio Largo e Messias ocorrem diversos afloramentos de migmatitos e gnaisses, granodioritos e granitos muito similares aos descritos no contexto regional. Os gnaisses são bandados e apresentam o aspecto de gnaissosidade comum, com bandas mais félsicas intercaladas a bandas mais máficas.

Localmente podem ser observadas feições de migmatização, com segregação de paleossoma e neossoma característicos. Muitas vezes é difícil saber se trata-se de um migmatito ou gnaisse, levando-se em consideração que o primeiro tipo de rocha apresenta feições estruturais típicas com separação entre o paleossoma e o neossoma, entretanto as estruturas de campo não estão bem claras. Os diatexitos (mi) ocorrem na porção norte, estendendo-se para noroeste como substrato da Formação Barreiras. Afloram nas nascentes do Rio Meirim, onde o contato com a Bacia de Alagoas ocorre por meio de um sistema de falhas.

6.1.2.2. Bacia de Alagoas

A ocorrência em subsuperfície das unidades litoestratigráficas da Bacia de Alagoas foi descrita com base na avaliação de algumas sondagens realizadas pela PETROBRAS, distribuídas por municípios cujas espessuras são apresentadas no quadro 6.1. A distribuição desses poços na área está exibida na figura 6.4.

Na figura 6.5 é mostrada a situação da geologia pré-Barreiras na região de estudo.

Assim, na área de abrangência das bacias hidrográficas estudadas, somente ocorrem as unidades litoestratigráficas descritas a seguir:

Grupo Coruripe

- Formação Barra de Itiúba
- Formação Penedo
- Formação Coqueiro Seco
- Formação Ponta Verde
- Formação Poção
- Formação Maceió

Grupo Piaçabuçu

- Formação Marituba

Grupo Coruripe

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

É caracterizado pela rápida variação de fácies e constituído por siliciclásticos e evaporitos correspondentes às fases rifte e transicional da Bacia de Alagoas, depositadas no Eocretáceo, até o Neo-aptiano (pré-Formação Barreiras, figura 6.5). Este grupo está representado na área de estudo pelas formações Barra de Itiúba, Penedo, Coqueiro Seco, Ponta Verde, Poção e Maceió.

Formação Barra de Itiúba

É constituída por uma sucessão monótona de folhelho cinza-esverdeado, com intercalações relativamente delgadas de arenito muito fino, cinza e branco, e calcilitos acastanhados. O contato inferior é concordante com a Formação Serraria, estando sotoposta e lateralmente interdigitada com a Formação Penedo (Schaller, 1969).

Na Região Metropolitana de Maceió sua ocorrência é bastante extensiva na porção SW-NW, aparecendo em subsuperfície a profundidades entre 1550 e 3512 metros, tendo espessuras pouco variáveis com média de 126 metros (quadro 6.1).

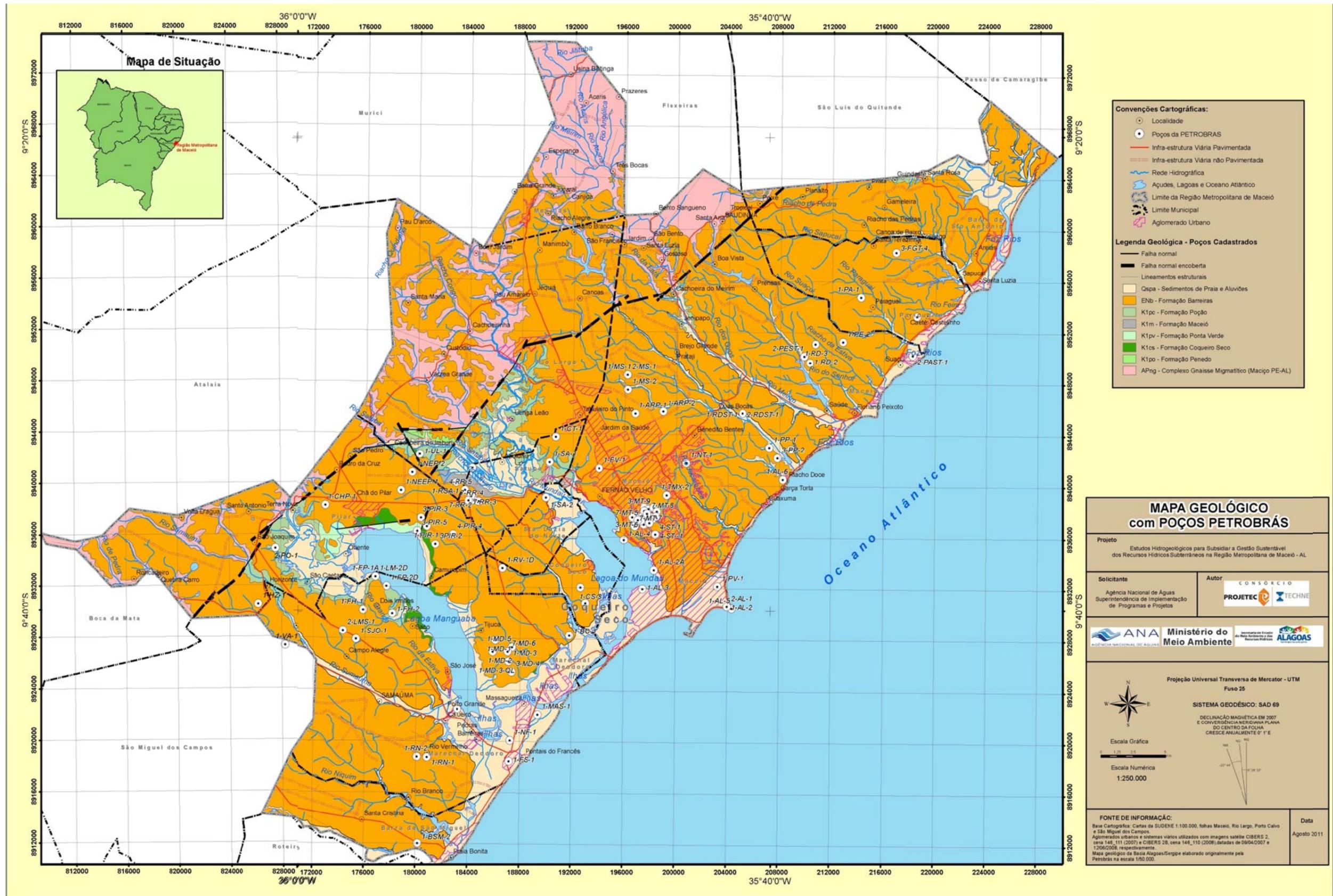


Figura 6.4 - Mapa Geológico com poços da PETROBRAS do Quadro 6.1.

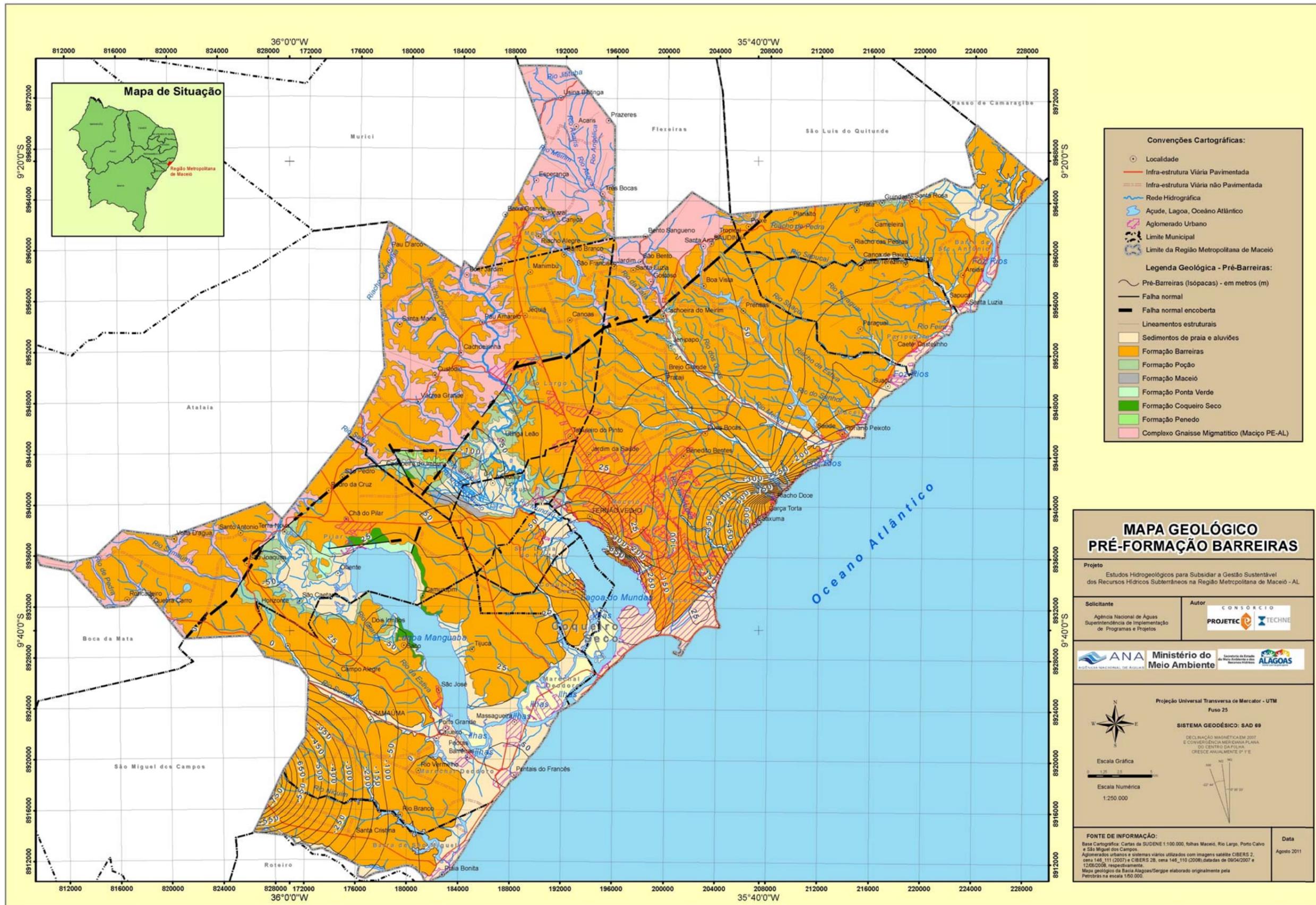


Figura 6.5 – Mapa da Geologia pré-Formação Barreiras na RMM.

Quadro 6.1 – Cota do topo (metros) das unidades litoestratigráficas.

POÇO	COORDENADAS					COTA DO TOPO DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA (ver legenda ao final)									
	Latitude	Longitude	Zona	UTM E	UTM N	K1it	K1po	K1cs	K1pv	K1m	K1pc	K1ma	Enb	Qspa	Cristalino
1-AL-2	-9,6636	-35,6973	25L	204015,9	8930657,1			-1083,0	-953,0	-93,0				3,5	
1-AL-2A	-9,6379	-35,7488	25L	198340,7	8933451,5							-72,0	4,5		
1-AL-3	-9,6512	-35,7567	25L	197480,5	8931980,0							-45,0			
1-AL-4	-9,6164	-35,7697	25L	196023,6	8935820,0			-1200,0	-1110,0					1,5	
1-AL-5	-9,6651	-35,6941	25L	204372,3	8930495,5				-960,0	-100,0					
1-AL-6	-9,5744	-35,6576	25L	208299,0	8940561,0			-1570,0	-1195,0					0,0	
1-ARP-1	-9,52759	-35,76152	25L	196846,0	8945653,0			-2132,0	-2004,0	-791,0	32,0		92,7		
1-ARP-2	-9,5261	-35,7421	25L	198974,8	8945837,0			-2117,0	-1950,0	-843,0	4,0		87,0		
1-BC-1	-9,6840	-35,8082	25L	191854,8	8928297,7		-2595,0	-122,0	-10,0				75,0		
1-BOP-1	-9,5658	-35,8765	25L	184249,0	8941317,7		-2341,0	-2213,0	-239,0	-192,0			0,5		
1-BSM-1	-9,84573	-35,90488	25L	181395,0	8910307,0	-2425,0	-1798,0	-49,0						3,3	
1-BSM-2	-9,8299	-35,9155	25L	180216,3	8912048,6	-2435,0	1706,0	-57,0						3,3	
1-CHP-1	-9,59167	-35,97996	25L	172905,0	8938360,0						45,0		127,0		-1676,0
1-CPA-1	-9,4596	-35,5630	25L	218598,5	8953341,8									68,0	
1-CS-1	-9,6611	-35,7969	25L	193076,5	8930846,8		-2859,0	-511,0	-332,0	-5,0			90,2		
1-CS-8	-9,6501	-35,80032	25L	192694,0	8932058,0			-405,0	-209,0	0,0			87,5		
1-CT-1	-9,5440	-35,8175	25L	190708,5	8943787,3			-1555,0	-1412,0	-829,0	34,0		104,0		
1-FH-1	-9,6654	-35,9535	25L	175880,1	8930219,8			-429,0	-302,0	23,0			70,0		
1-FH-2	-9,6680	-35,9327	25L	178167,9	8929959,8			-564,9	-378,0	-102,0	-80,0		22,5		
1-FP-1	-9,6422	-35,9447	25L	176832,0	8932799,0						-5,0		7,0		
1-FP-1A	-9,6420	-35,9448	25L	176812,0	8932821,0		-3013,0	-775,0	-648,0	-181,0	-5,0		7,0		
1-FP-2D	-9,6487	-35,9369	25L	177691,1	8932085,5		-2986,1	-549,0	-355,4	-2,0	20,7				
1-FS-1	-9,7723	-35,8511	25L	187229,4	8918489,9		-1961,0	-53,0							
1-FV-1	-9,5662	-35,7870	25L	194078,1	8941354,3			-1914,0		-51,0	-109,0	-5,0	89,2		
1-HZ-1	-9,6620	-36,0275	24L	826285,4	8930579,6			-819,0		-19,0	11,0		106,0	8,7	
1-LM-2D	-9,6420	-35,9448	25L	176819,6	8932826,8		-2913,4	-762,3	-627,5	6,7					
1-MAS-1	-9,73929	-35,83062	25L	189448,0	8922158,0	-2917,0	-2124,0	-29,0						6,5	
1-MD-1	-9,6871	-35,8605	25L	186118,0	8927910,9		-2276,0	-63,0					97,2		
1-MD-2	-9,6952	-35,8622	24L	844403,3	8926744,4		-2225,0	26,0					95,9		

Quadro 6.1 – Cota do topo (metros) das unidades litoestratigráficas (Continuação).

POÇO	COORDENADAS					COTA DO TOPO DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA (ver legenda ao final)									
	Latitude	Longitude	Zona	UTM E	UTM N	K1it	K1po	K1cs	K1pv	K1m	K1pc	K1ma	Enb	Qspa	Cristalino
1-MD-3	-9,70208	-35,8511	25L	187164,0	8926258,0	-3512,0	-2370,0	-1,0					83,0		
1-MD-3-QL	-9,7021	-35,8511	25L	187163,9	8926257,5	-3512,0	-2370,0	-1,0					83,0		
1-MD-5	-9,6921	-35,8487	25L	187416,8	8927364,7		-2432,0	-6,0					78,0		
1-MS-1	-9,5004	-35,7669	25L	196232,0	8948657,0	-2262,0	-2112,0	-1761,0	-1613,0	-1061,0	55,0		110,0		-2468,0
1-MS-2	-9,5107	-35,7667	25L	196263,6	8947516,7		-2633,9	-1831,1	-1686,3	1387,6	52,0		106,1	6,5	-2887,8
1-NEEP-1	-9,5813	-35,9265	24L	837452,7	8939413,9		-1691,0	44,0					115,0		
1-NEP-2	-9,5687	-35,9187	24L	838325,0	8940806,0	-2378,0	-1294,0	52,0					118,0		-2491,0
1-NF-1	-9,7575	-35,8504	25L	187294,9	8920120,2	-2820,0	-2008,0	-77,0							
1-NT-1	-9,5628	-35,7258	25L	200803,5	8941789,8			-1815,0		-652,0	-118,0	-46,0	87,2		
1-PA-1	-9,4461	-35,6025	25L	214252,	8954807,0					-92,0	-106,0	-15,0	61,9		
1-PE-2	-9,4775	-35,6152	25L	212885,3	8951317,8						-180,0	-55,0	32,0		
1-PIR-1	-9,6067	-35,9087	25L	180751,7	8936765,7		-2308,6	-194,9	-38,0	28,0			111,0		
1-PP-1	-9,5519	-35,6672	25L	207235,0	8943047,3			-1700,0		-17,0			10,0		
1-PP-3	-9,5533	-35,6520	25L	208898,0	8942903,0			-2041,0	-1957,0	-355,0	-472,0	-69,0		20,0	
1-PV-1	-9,6496	-35,7040	25L	203272,0	8932201,0			-1612,0	-1372,0	-129,0		-15,0		5,0	
1-RD-2	-9,4922	-35,6384	25L	210338,0	8949676,0			-2455,2	-2304,4	-661,2	-167,0	13,0			
1-RD-3	-9,4789	-35,6344	25L	210771,2	8951151,9										
1-RDST-1	-9,5275	-35,6859	25L	205158,0	8945724,0				-1868,0	-9,0	-283,0	-9,0	12,7		
1-RN-1	-9,7692	-35,9087	25L	180904,1	8918780,4	-3135,0	-2329,0	11,0					82,9	1,0	
1-RN-2	-9,7688	-35,9158	25L	180127,6	8918812,0	3165,8	-2371,8	9,0					84,0		
1-RR-1	-9,5885	-35,8751	25L	184425,9	8938810,8		-2535,0	-389,0	-191,0	26,0			102,5		
1-RSA-1	-9,5758	-35,8878	25L	183014,1	8940198,5	-3141,0	-2151,0	-264,0	-84,0	49,0			63,0		-2468,0
1-RV-1D	-9,6364	-35,8553	25L	186638,8	8933525,4		-2962,0	-365,0	-162,0	10,0			93,4		
1-SA-1	-9,5619	-35,8219	25L	190245,3	8941804,8			-1611,0	-1388,0	-653,0	27,0		54,4		
1-SA-2	-9,5867	-35,8245	25L	189980,7	8939053,4		-3470,0	-1377,0	-1200,0	-532,0	-18,0		10,0	20,0	
1-SJO-1	-9,6859	-35,9586	25L	175342,0	8927952,4			-562,0	-543,0	-104,0	32,0		89,0		

Quadro 6.1 – Cota do topo (metros) das unidades litoestratigráficas (Continuação).

POÇO	COORDENADAS					COTA DO TOPO DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA (ver legenda ao final)									
	Latitude	Longitude	Zona	UTM E	UTM N	K1it	K1po	K1cs	K1pv	K1m	K1pc	K1ma	Enb	Qspa	Cristalino
1-SU-1	-9,8961	-36,1428	24L	813398,0	8904775,0	-769,0	-742,0						96,0		
1-TA-1	-9,9024	-36,0529	24L	823257,5	8903992,5	-1254,0							72,5		
1-TAU-1	-9,9199	-36,0343	24L	825284,2	8902042,0	-1653,0						-15,0	70,0		
1-TM-1	-9,5937	-35,7554	25L	197573,1	8938342,0			-1193,0		-84,0	-139,0	36,0	87,0		
1-TMX-2	-9,5852	-35,7398	25L	199281,0	8939293,0			-1592,0	-1402,0	-115,0	-264,0	13,0	80,2		
1-TP-1	-9,7352	-35,8873	25L	183214,6	8922558,0		-2267,0	-133,0	-66,0	-7,0					
1-UL-1	-9,5560	-35,9135	25L	180176,0	8942375,0	-1550,0	-1137,0	15,0							-1628,0
1-VA-1	-9,6910	-36,0087	24L	828315,0	8927356,0			-734,0	-568,0	-20,0			105,0		
2-AL-1	-9,6636	-35,6973	25L	204016,0	8930657,0			-1083,0	-953,0	-93,0				3,5	
2-LMS-1	-9,6798	-35,9676	24L	832842,0	8928549,0			-430,0	-223,0	47,0			112,0		
2-LMST-1	-9,1655	-35,9721	24L	832841,7	8985493,0			-430,0	-223,0	47,0			112,0		
2-MS-1	-9,5004	-35,7669	25L	196232,2	8948656,7	-2262,0	-2112,0	-1761,0			55,0		110,0		
2-PAST-1	-9,4873	-35,5661	25L	218285,0	8950274,0			-1253,0	-1120,0	-88,0	-5,0			1,0	
2-PEST-1	-9,4875	-35,6425	25L	209884,0	8950188,0					25,0	-205,0	25,0	66,2		
2-PO-1	-9,6229	-36,0155	24L	827635,1	8934892,5						-15,0		13,0	3,2	
2-RDST-1	-9,5275	-35,6859	25L	205158,1	8945724,0						-283,0	-9,0	12,7		
3-FGT-4	-9,4145	-35,5776	25L	216961,6	8958320,1					-924,0	2,0		48,8		
3-JÁ-8	-9,8839	-35,9923	24L	829924,0	8905978,0		-1523,0	-26,0					27,2		
3-MD-4	-9,7094	-35,8491	25L	187395,6	8925451,8			10,0					79,0		
3-MT-2	-9,6002	-35,7603	25L	197041,3	8937615,8			-1076,0		-46,0		26,0	91,2		
3-MT-3	-9,6016	-35,7588	25L	197211,5	8937467,0			-1096,0		-53,0		37,0	91,9		
3-MT-4	-9,6057	-35,7616	25L	196909,0	8937010,0					-15,0	-67,0	40,0	91,7		
3-MT-6	-9,5994	-35,7565	25L	197460,8	8937709,0					-76,0	-123,0	12,0	87,2		
3-MT-9	-9,5949	-35,7525	25L	197900,1	8938210,1					-71,0	-199,0	31,0	86,8		
3PIR-2	-9,6193	-35,9028	25L	181409,4	8935374,8			-243,9	-45,0	24,0			108,0		
3-PIR-3	-9,6006	-35,9127	25L	180303,4	8937439,6		-2396,8	-170,9	27,0				113,0		
3-PIR-5	-9,6098	-35,9153	25L	180028,8	8936410,9		-2328,0	-160,0	-8,0				12,0		

Quadro 6.1 – Cota do topo (metros) das unidades litoestratigráficas (Continuação).

POÇO	COORDENADAS					COTA DO TOPO DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA (ver legenda ao final)									
	Latitude	Longitude	Zona	UTM E	UTM N	K1it	K1po	K1cs	K1pv	K1m	K1pc	K1ma	Enb	Qspa	Cristalino
3-PP-2	-9,5592	-35,6615	25L	207861,8	8942237,1			-1612,0	-1414,0	-65,0	-19,0		2,4		
4-JÁ-3	-9,8771	-35,9613	24L	833340,0	8906700,0		-1587,0	-29,0					70,8		
4-PIR-4	-9,6124	-35,8903	25L	182772,9	8936148,9		-2815,0	-350,0	-147,0	24,0			103,0		
4-RR-5	-9,5813	-35,8816	25L	183700,2	8939599,0		-2292,8	-364,0	-171,0	47,0			107,0		
4-ST-1	-9,6127	-35,7478	25L	198429,0	8936244,0			-1847,0	-1807,0	-413,0	-485,0	15,0	46,2		
4-ST--1	-9,6127	-35,7478	25L	198428,7	8936244,0			-1807,0		-413,0	-485,0	15,0	46,2		
7-MD-6	-9,6952	-35,8518	25L	187080,0	8927018,0			10,2					83,2		
7-MT-10	-9,6020	-35,7498	25L	198199,0	8937431,2					-80,8	-145,8	3,2	79,4		
7-MT-11	-9,5940	-35,7489	25L	198295,2	8938319,0			-1266,6		-88,6	-120,6	8,4	82,6		
7-MT-12	-9,6020	-35,7544	25L	197692,9	8937418,0			-1083,3		-122,3	-173,3	24,7	77,9		
7-MT-13	-9,5961	-35,7554	25L	197575,0	8938075,0			-1156,8		-82,8	-129,8	7,2	87,4		
7-MT-14	-9,5967	-35,7467	25L	198533,5	8938015,7			-1264,0		-86,0	-130,0	-13,0	71,0		
7-MT-15	-9,6004	-35,7505	25L	198117,7	8937603,1			-1201,6		-167,6	-206,6	-17,6	74,6		
7-MT-17	-9,6000	-35,7472	25L	198480,3	8937646,9			-1261,0		-184,0	-299,0	-16,0	69,9		
7-MT-18	-9,6056	-35,7558	25L	197543,3	8937021,8			-1043,7		-152,7	-202,7	-38,7	76,5		
7-MT-19	-9,6047	-35,7518	25L	197977,5	8937129,8			-1169,7		-238,7	-284,7	-23,7	67,5		
7-MT-20	-9,6006	-35,7637	25L	196666,4	8937570,0			-1084,4		-51,4	-94,4	22,6	87,8		
7-MT-5	-9,6030	-35,7577	25L	197330,3	8937306,3			-1053,8		-68,8	-141,8	25,2	84,4		
7-MT-7	-9,6069	-35,7620	25L	196865,9	8936877,2			-1013,0		-25,0	-72,0	16,0	85,0		
7-MT-8	-9,5981	-35,7535	25L	197791,8	8937860,0					-118,9	-167,9	17,1	85,3		
7-RR-2	-9,5856	-35,8772	25L	184186,5	8939125,9			-380,0	-181,0	26,0			101,0		
7-RR-3	-9,5886	-35,8793	25L	183965,0	8938795,0		-2431,0	-407,0	-221,0	28,0			96,0		
7-RR-4	-9,5893	-35,8720	25L	184765,0	8938726,0		-2594,0	-404,0	-202,0	29,0			95,0		
7-TM-16	-9,6026	-35,7599	25L	197088,9	8937351,2			-1053,7		-64,7	-102,7	3,3	92,2		

Fonte: Brasil – PETROBRAS (1975).

Legenda:

K1it – Formação Barra de Itiúba
K1po – Formação Penedo
K1cs – Formação Coqueiro Seco
K1pv – Formação Ponta Verde
K1m – Formação Maceió
K1pc – Formação Poção
K1ma – Formação Marituba
Enb – Formação Barreiras
Qspa – Sedimentos de Praia e Aluviões

Formação Penedo

É formada por espessos leitos de arcóseo fino a grosso, mal selecionado, branco e cinzento a amarelado, com estratificação cruzada acanalada frequentemente deformada por fluidizações. As rochas dessa formação retratam a deposição por sistemas fluviais entrelaçados, com frequentes retrabalhamentos eólicos. Sobrepõe-se concordantemente e gradam lateralmente para a Formação Barra de Itiúba, e estão sotopostas concordantemente à Formação Coqueiro Seco.

Na Região Metropolitana de Maceió sua ocorrência é também extensiva na porção SW-NW, aparecendo em subsuperfície a profundidades entre 1283 e 3470 metros, com espessura média de 662 metros (quadro 6.1).

Formação Coqueiro Seco

É constituída por alternâncias monótonas de arcóseos finos a grossos, acastanhados, micáceos e folhelhos sílticos castanhos, depositados por deltas curtos em ambiente lacustre. Sobrepõe-se concordantemente à Formação Penedo e está sotoposta, também concordantemente, às Formações Ponta Verde e Maceió (Schaller, 1969).

A Formação Morro do Chaves foi rebaixada para Membro da Formação Coqueiro Seco, designando os calcirruditos e pelecípodes presentes na base da unidade ou próximo a ela, em parte da bacia.

Com base no quadro 6.1, esta formação ocorre em toda Região Metropolitana de Maceió com uma espessura média de 1624 metros e profundidades bastante variáveis entre 1 e 2132 metros. Na porção sul, nos municípios de Barra de São Miguel e Marechal Deodoro, ocorre como subafloramento, abaixo da Formação Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião.

Formação Ponta Verde

É constituída predominantemente por folhelho cinza-esverdeado, acicular, depositado em ambiente lacustre, no Eoaptiano. Interpõem-se concordantemente às Formações Coqueiro Seco e Maceió em parte da bacia (Schaller, 1969).

É também bastante extensiva na área, aparecendo também em subsuperfície a profundidades bastante variáveis entre 147 e 2004 metros, tendo espessuras pouco variáveis com média geral de 159 metros (quadro 6.1).

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. Esta unidade era um membro da Formação Muribeca (Schaller, 1969), mas foi promovida a formação por ser mapeada como unidade independente. Os folhelhos betuminosos, com anidrita subordinada, ocorrentes na região de Maceió, foram reunidos no Membro Tabuleiro do Martins. Na classificação de Feijó (1994) esse membro foi incluído na Formação Maceió.

Ao longo da base dessa formação, caracterizando o contato com a formação Ponta Verde, ocorre uma camada-chave de calcário laminado com folhelhos, informalmente denominado “Calcário Mundaú” (Schaller, 1969).

Os clásticos e evaporitos Maceió são o fruto da deposição em leques aluviais sintectônicos, inicialmente continentais, mas caracterizando um ambiente marinho do Mesoaptiano ao Eoalbio (Falkenheim, 1984) (*in* Feijó, 1994).

É também bastante extensiva na área, aparecendo em subsuperfície a profundidades bastante variáveis entre 19 metros na sondagem 4-PIR-4 (Pilar) e 1388 metros na sondagem 1-PA-1 (Paripueira). A espessura dessa unidade é muito variável entre 298,7 e 1503,0 metros, com uma média de 812 metros. Na porção sul, nos municípios de Barra de São Miguel e Marechal Deodoro, ocorre a profundidades abaixo de 600 metros com espessura média de 341 metros

Formação Poção

É caracterizada por conglomerados com seixos e matacões de rochas graníticas de até 3 metros de diâmetro, em matriz arcoseana muito mal selecionada (Figueiredo, 1978) (*in* Feijó, 1994). Estas rochas ocorrem somente na Bacia de Alagoas, e eram anteriormente chamadas de Membro Carmópolis da Formação Muribeca (Schaller, 1969), mas ostentam características distintas que permitem considerá-las uma unidade independente.

Esta formação grada lateralmente para as formações Penedo, Coqueiro Seco e encontra-se interdigitada com a Formação Maceió. Os clásticos da Formação Poção foram depositados em leques aluviais sintectônicos.

Aflora ao longo do vale do Meirim. Ocorre como subafloramento discordante com a Formação Barreiras, em grande extensão por quase toda borda oeste da bacia, prolongando-se numa faixa paralela na direção nordeste. A maior espessura ocorre junto às falhas da borda da bacia, conforme observado nos poços/sondagens 1-CHP-1 e 1-UTN-1 (Usina Terra Nova) em Pilar, com 1721 e 3246,0 metros respectivamente. As menores espessuras foram observadas na sondagem 1-HZ-1 (Pilar) e na sondagem 2-PAST-1 (Paripueira), com 30 e 83 metros respectivamente (quadro 6.1).

Grupo Piaçabuçú

Definido por Schaller (1969) como formação do Grupo Sergipe, foi classificado por Feijó (1994) 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 Mosqueiro e Marituba.

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

Formação Marituba

Nesta unidade predomina arenito médio a grosso cinzento, ocorrendo quase sempre no topo, argila cinza a esverdeada, depositado por leques costeiros. Anteriormente, era considerada um membro da Formação Piaçabuçu e incluía os carbonatos agora individualizados na Formação Mosqueiro (Schaller, 1969).

Esta formação grada lateralmente para as formações Mosqueiro e Calumbi. Não aflora, ocorrendo em subsuperfície sobreposta à Formação Barreiras desde a margem da lagoa do Mundaú, prolongando-se na direção nordeste, numa faixa paralela à costa.

Sua ocorrência é bastante irregular e restrita nos municípios de Maceió e Paripueira, com espessura entre 77 (1-PA-1) e 428 metros (1-NT-1).

Formação Barreiras

Alguns autores elevaram esta unidade à categoria de grupo, subdividido em duas formações, Guararapes e Tabuleiro do Martins, encontradas por Mabesoone & Castro (1975) em outros estados do Nordeste. Saldanha *et al.* (1975) também distinguiu estas duas formações nos tabuleiros costeiros da Bacia Alagoas, na região de Maceió. Esta unidade será considerada como formação e seu comportamento analisado no domínio da Bacia de Alagoas.

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. Mergulha suavemente em direção ao oceano, onde é abruptamente interrompida e forma falésias ao longo da costa, evidenciando talvez o último estágio de maturidade de uma costa submergente, responsável pela formação da planície costeira.

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

Em escala de afloramento esses sedimentos se distribuem em estratos cujos acamamentos são praticamente horizontais. Mudanças bruscas na litologia e coloração foram verificadas sugerindo em alguns casos, falhas de gravidade. As cores são variegadas 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.

Com espessura média de 62,5 metros, está sobreposta ao Embasamento Cristalino e sedimentos da Bacia de Alagoas, principalmente sobre as formações Poção e Marituba (quadro 6.1).

Sedimentos de Praia e Aluvião

É a designação informal dos sedimentos de idade Recente que ocorrem na região. Sua composição litológica varia em função do 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 são compostos por areias, argilas e localmente cascalhos. Nas zonas de alagadiços

e canais de rios sujeitos a influência das marés, são constituídos por sedimentos paludiais com argilas arenosas em proporções que variam com a energia da corrente no local da deposição. Os arrecifes, alinhados paralelamente a orla marítima são do tipo barreiras formados por arenitos com cimento calcífero. Com base nos perfis dos poços perfurados nessa planície estes sedimentos estão constituídos por areias variadas, com níveis de argilas orgânicas, turfas, paleocorais, limos e vasas, de origem continental ou marinha.

A espessura é bastante variável com média de 10 metros nas planícies costeiras, 20 metros nas margens dos rios e 50 metros nas desembocaduras dos principais rios, sendo que na foz do rio São Francisco esta unidade pode alcançar 400 metros. Em Maceió, na Ponta Verde a espessura desses sedimentos atinge a profundidade de 134 metros, conforme sondagem 1-PV-1 da PETROBRAS (quadro 6.1).

Embora possam constituir localmente bons armazenadores de água subterrânea, a importância como aquífero fica comprometida na planície costeira, em razão da sua vulnerabilidade à contaminação por águas poluídas e pela cunha salina.

Esses sedimentos repousam discordantemente sobre os depósitos da Formação Barreiras ou unidades da Bacia de Alagoas.

6.1.3. Arcabouço Tectônico

A origem e a evolução das bacias sedimentares da margem continental brasileira estão ligadas aos processos de ruptura da litosfera e deriva continental divergente que resultaram na separação das atuais placas da África e América do Sul, conforme modelo evolutivo da margem continental tipo Atlântico (Asmus & Porto, 1972).

O desenvolvimento da bacia tipo Margem Passiva do Atlântico Brasileiro está diretamente relacionada à ruptura da plataforma Sulamericana-Africana. Em geral, as bacias marginais de ambos os lados do Atlântico Sul têm uma história geológica comum que englobam quatro principais fases tectônicas-sedimentares desenvolvidas do Jurássico Superior ao Recente (Ojeda & Fugita, 1976; Ojeda, 1982; Asmus & Baisch, 1983):

- fases pré-rift;
- rift;
- protomarinha evaporítica de transição; e
- marinha franca.

O sistema de falhas capeadas pelos clásticos da Formação Barreiras, que separa a Bacia Alagoas do Complexo Cristalino, tem direção geral SW-NE, não apresentando apenas um lineamento, tendo em vista que é cortado transversalmente por diversas falhas com direção geral NW-SE, provocando o avanço de compartimentos da bacia para o interior.

Importantes feições regionais são atribuídas a esse sistema de falhas normais formando uma sucessão de grábens e horstes alinhados SW-NE e associados a blocos escalonados e plataformas rasas, destacando-se o gráben de Alagoas.

Esta feição estrutural de amplitude regional estende-se no sentido SW-NE, ocupando toda a porção setentrional da Bacia Alagoas, iniciando ao sul de São Miguel dos Campos e se prolongam até as imediações de Porto de Pedras ao norte, no litoral alagoano. Seu limite oeste, contra as rochas do embasamento, se faz por meio de falhas normais com deslocamentos verticais alcançando mais de 2000 metros. O gráben de Alagoas envolve razoável número de feições estruturais locais.

No flanco oriental do Gráben de Alagoas, encontra-se um alto estrutural secundário denominado Horste de Maceió ou Tabuleiro do Martins. Métodos geofísicos (PETROBRAS, 1975) aplicados na área, revelaram em subsuperfície a presença do prolongamento desse horste, cruzando a área no sentido nordeste, paralelamente à praia em direção a cidade de Paripueira, com rejeito de 540 metros no lado sudeste e 590 metros no lado noroeste.

Segundo Santos *et al.* (2001), o sistema de “rifteamento” ocorrido no Cretáceo foi provavelmente reativado no Terciário, dando origem a um sistema de semi-grábens escalonados de noroeste para sudeste formado por um sistema de falhas paralelas às falhas da borda da bacia (Figura 6.6).

6.2. Hidrogeologia

Em função das características geomorfológicas, pedológicas e hidrogeológicas observadas na Região Metropolitana de Maceió, foram definidos dois sistemas aquíferos. O principal parâmetro utilizado para a distinção desses sistemas foi o tipo de porosidade associada a cada um. Além do tipo de porosidade, outras feições, tais como potencial hidrogeológico, vulnerabilidade e parâmetros dimensionais, também são parâmetros distintivos, sendo qualitativamente importantes para a classificação dos sistemas aquíferos.

Assim, com base na revisão bibliográfica, nos dados dos poços/sondagens da PETROBRAS e nos poços para captação de água subterrânea, foram definidos os domínios aquíferos fraturado e intersticial ou poroso, respectivamente com porosidade secundária fissural e com porosidade intergranular.

O domínio fraturado, que ocorre na parte oeste e noroeste da Região Metropolitana de Maceió, nos municípios de Messias, Rio Largo e Pilar, é denominado de Sistema Aquífero Fissural. O domínio intersticial ou poroso é composto pelos Sistemas Aquíferos da Bacia de Alagoas, Formação Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião.

Nesse trabalho o termo sistema aquífero se refere à associação de unidades hidroestratigráficas que em conjunto formam uma única unidade aquífera, incluindo diferentes tipos petrográficos, diferentes sub-ambientes deposicionais e padrões internos de circulação hídrica distintos.

A análise e a descrição desses sistemas aquíferos são apresentadas a seguir.

6.2.1. Sistema Aquífero Fissural

O meio aquífero do tipo fissural, comumente designado por “*crystalino*” ou ainda maciço rochoso, é caracterizado pela inexistência ou presença muito reduzida de espaços intergranulares na rocha. Nesse meio aquífero, a água subterrânea encontra-se limitada aos espaços fendilhados e/ou fraturados, daí toda a circulação da água subterrânea ser efetuada através das fraturas e/ou fissuras, resultando na denominação de aquífero fissural ou fraturado, para as litologias que armazenam e possibilitam a extração da água por tal meio.

Na área correspondente às rochas do embasamento cristalino representado pelos gnaisses e migmatitos do Maciço Pernambuco-Alagoas, o aquífero fissural ocupa algumas áreas nos municípios de Pilar, Rio Largo e Messias. Suas características são, na sua maioria, comuns a todas essas rochas, variando muito pouco a capacidade de armazenamento ou a qualidade da água.

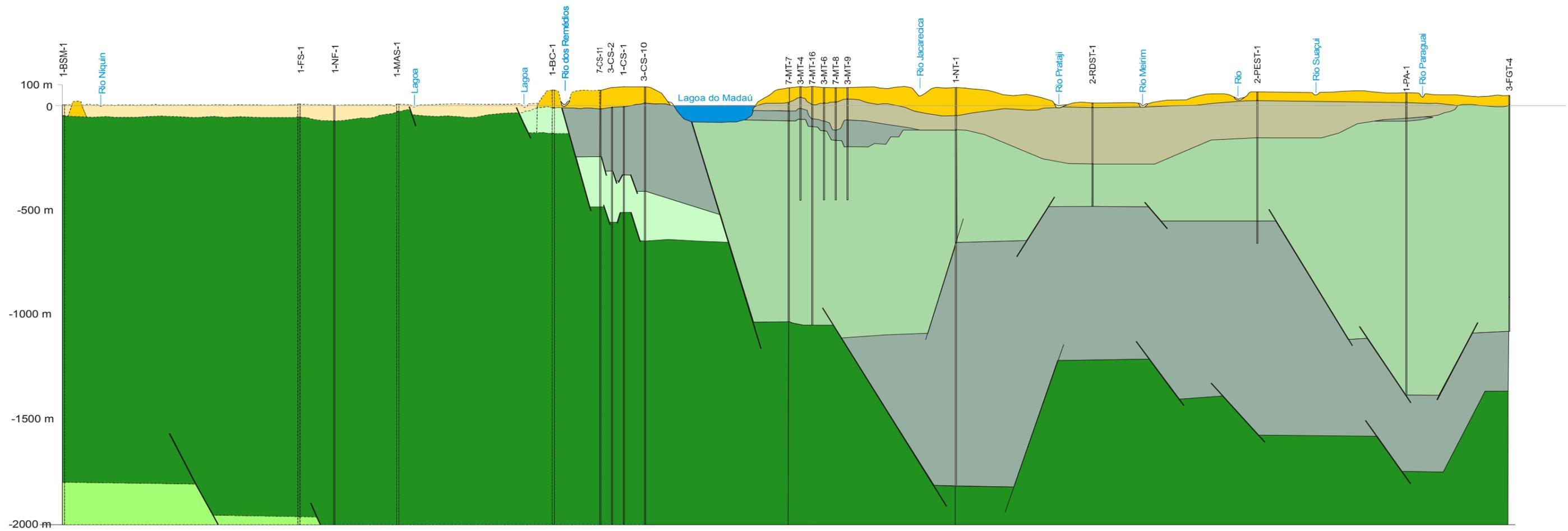


Figura 6.6 - Perfil Geológico SW – NE (perfil anexo) – Elaborado com apoio dos dados de poços (PETROBRAS, 1975), (quadro 6.1).

A água subterrânea circula mais rapidamente nas fraturas mais abertas geradas por esforços de tração. Por outro lado, as falhas geradas por cisalhamento seriam fechadas, e os lineamentos paralelos as mesmas estariam refletindo em subsuperfície, descontinuidades com baixa circulação de água.

De um modo geral, as rochas fraturadas no aquífero fissural são muito heterogêneas e anisotrópicas, não somente quanto à distribuição e densidade de fraturas, mas também quanto à sua abertura. A condutividade hidráulica na vertical é, em geral, maior do que na horizontal, possuindo extensão lateral e vertical muito reduzida. Em função dos baixos valores da capacidade de armazenamento e da condutividade hidráulica, as vazões dos poços são geralmente baixas.

São escassos os dados de poços construídos nesse aquífero na área de estudo. De acordo com os dados do cadastro dos poços da Região Metropolitana de Maceió, a produtividade desse sistema aquífero é considerada baixa, com vazão média de 3,985 m³/h e vazão específica média inferior a 0,380 m³/h/m. A qualidade físico-química da água em geral é muito boa, decorrente do clima mais chuvoso e úmido, quando comparada com o agreste e sertão, com resíduo seco e sólidos totais dissolvidos abaixo de 500 mg/l.

No que se refere às direções preferenciais de fluxo, o caráter anisotrópico desse sistema não permite uma definição local da superfície potenciométrica, entretanto na área de ocorrência esta superfície é controlada pela topografia e localmente orienta-se segundo os vales das drenagens superficiais. Em termos de valores médios, o nível estático do sistema aquífero fissural é de 5,78 metros, com profundidades que variam entre 0,36 e 33 metros.

A alimentação desse sistema aquífero na área de abrangência das bacias é realizada por infiltração direta da chuva precipitada sobre a área de ocorrência, por contribuição das águas acumuladas nas coberturas inconsolidadas, e por infiltração a partir da rede de drenagem superficial.

A água armazenada nesse aquífero tem sua origem principal no processo de infiltração das águas meteóricas, ficando condicionada portanto as características climáticas ao longo de toda a extensão das bacias. A infiltração pode ocorrer de forma direta através de afloramentos de rocha sã, que aparecem na forma de lajedos, ou indiretamente através de contribuições da Formação Barreiras, manto de intemperismo e depósitos aluvionares sobrepostos, este último particularmente importante nos cursos d'água de maior porte.

O manto de intemperismo ocorre na região mais ou menos conformado à superfície topográfica, com espessura variando desde alguns centímetros a mais de 10 metros.

A evapotranspiração constitui o principal exutório natural, principalmente nas áreas onde os níveis d'água são rasos. Secundariamente podem ser citados ainda os pequenos córregos e as descargas de base após os períodos de chuva. Como exutório artificial é considerada a retirada de água por meio dos poços tubulares existentes.

6.2.2. Sistema Aquífero Intersticial ou Poroso

6.2.2.1. Bacia Sedimentar de Alagoas

Das unidades da Bacia Sedimentar de Alagoas ocorrentes na Região Metropolitana de Maceió, foram analisadas como aquíferos a Formação Coqueiro Seco, Formação Maceió, Formação Poção e Formação Marituba.

Aquífero Coqueiro Seco

Com base nas sondagens da PETROBRAS esse aquífero ocorre como subafloramento dos Sedimentos de Praia e Aluvião e Formação Barreiras numa área ao sul de Maceió, que

avança para o continente, em uma faixa central que começa na lagoa Manguaba alargando-se para o sul e oeste, entre Barra de São Miguel e São Miguel dos Campos.

Segundo Cavalcante (1978), nas imediações da cidade de São Miguel dos Campos, poços para captação de águas subterrâneas penetrando parcialmente essa formação (até 60 m), produzem em torno 7 m³/h. Na área de Pilar, na margem noroeste da lagoa Manguaba, alguns poços penetram parcialmente seções mais argilosas até uma profundidade de 60 metros com vazão de 3 m³/h. Enquanto que em Marechal Deodoro, na margem sul da lagoa Manguaba, poços que penetram parcialmente 150 metros nessa formação apresentaram vazão em torno de 8,3 m³/h.

Esse sistema é considerado como de baixa potencialidade com transmissividade média de $6,7 \times 10^{-5}$ m²/s.

A recarga ocorre por infiltração vertical através dos sedimentos da Formação Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião.

Aquífero Maceió

O Sistema Aquífero Maceió ocorre como subaflorescimento dos Sedimentos de Praia e Formação Barreiras. É constituído, por uma sequência de arenitos e folhelhos, com intercalações de calcários. O caráter predominantemente argiloso da formação pode ser verificado a partir dos poços existentes. Os valores predominantemente baixos de transmissividade (T) média de $2,7 \times 10^{-4}$ m²/s e condutividade hidráulica (K) média de $5,0 \times 10^{-6}$ m/s, indicam baixa capacidade de transmitir e produzir água. Esses resultados refletem a heterogeneidade desse aquífero que resulta das grandes variações litológicas da formação. Os poços que exploram o aquífero apresentam vazões específicas baixas variando entre 0,03 a 1,83 m³/h/m para rebaixamentos de 27 a 107 m.

A grande variação lateral e vertical de fácies desta unidade pode indicar localmente, a existência de níveis mais espessos de clásticos grosseiros, com maior potencialidade para água subterrânea, podendo funcionar isoladamente como aquífero. Esse comportamento foi verificado no poço construído na Escola Presidente Kennedy – Ponta Grossa, onde a vazão específica é de 1,240 m³/h/m com vazão de 90 m³/h. Embora se apresente como um aquífero de baixa potencialidade, com vazão específica média de 0,855 m³/h/m e vazão média de 25,509 m³/h é pouco explorado em função da qualidade da água com elevada dureza e alto teor de cloreto. A planície costeira, encontra-se mais vulnerável à contaminação proveniente dos Sedimentos de Praia e Aluvião.

Os poços para captação de águas subterrâneas que penetram esta unidade não ultrapassam a profundidade de 120 m. Em Maceió e nas imediações até Riacho Doce, a nordeste, os poços atravessam seções predominantemente argilosas ou carbonáticas e são considerados secos. À medida que se afasta na direção de Pescaria e Floriano Peixoto, as colunas estratigráficas apresentam intercalações mais arenosas com vazões em torno de 10 m³/h ou 17,6 m³/h/m.

Na planície costeira, encontram-se mais vulneráveis as contaminações provenientes das camadas subjacentes, decorrentes da rede de esgoto, galerias fluviais e salinização por intrusão marinha. Suas águas geralmente são cloretadas sódicas.

A recarga é por infiltração vertical, por meio dos Sedimentos de Praia e Aluvião e Formação Barreiras, sendo insignificante a contribuição por precipitação pluviométrica. Sua distribuição em subsuperfície indica a possibilidade de conexão hidráulica com o Oceano Atlântico, lagoa Manguaba, lagoa do Mundaú e localmente com as areias basais dos Sedimentos de Praia e Aluvião e Formação Barreiras (figura 6.6).

Através do tratamento estatístico dos dados do quadro 6.1 foi construído um mapa de isópacas para Formação Maceió (figura 6.7), mas esse sistema, em função das condições de ocorrências e qualidade da água, apresenta interesse hidrogeológico muito restrito.

Aquífero Poção

Como subafloramento na região, a uma profundidade média de 80 metros, a Formação Poção estende-se por toda a margem noroeste da bacia, bordejando o sistema de falha marginal, estreitando-se para sudoeste onde é cortada por falhas transversais, à borda da bacia.

Através do tratamento estatístico dos dados de poços da PETROBRAS (quadro 6.1) foi construído um mapa de isópacas para Formação Poção (Figura 6.8).

Os poços para captação de águas subterrâneas, na cidade de Santa Luzia do Norte, penetraram parcialmente 80 metros, apresentam uma vazão média de 10,880 m³/h. Esse sistema aquífero se apresenta como de baixa potencialidade com transmissividade média de $1,116 \times 10^{-4}$ m²/s e condutividade hidráulica de $1,203 \times 10^{-4}$ m/s.

A potencialidade desse aquífero é função da granulometria e espessura das intercalações de areia ou da matriz, quando arenosa, dos conglomerados, que variam em toda extensão desta unidade litoestratigráfica.

A recarga ocorre principalmente por infiltração vertical por meio dos sedimentos da Formação Barreiras e água superficial de alguns rios provenientes da área do cristalino, tais como o Mundaú, Paraíba e Sumaúna, que penetram na faixa sedimentar.

Aquífero Marituba

O Sistema Aquífero Marituba é o aquífero mais importante da área, em função da sua potencialidade, condições hidrogeológicas e hidroquímicas. Não ocorre em superfície, entretanto, como subafloramento Pré-Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião, abrange uma faixa que se inicia a sudeste de Maceió, nas margens da lagoa Mundaú e se estende para nordeste paralela a linha de costa. Com base nos perfis dos poços que penetram esta formação (quadro 6.1), é constituído por uma sequência de arenitos quartzosos, médios a grosseiros, cinzentos, que passam em profundidade para folhelhos e calcários. Os parâmetros hidrodinâmicos obtidos mostram um aquífero de média a baixa potencialidade, com transmissividade igual a $2,0 \times 10^{-2}$ m²/s e condutividade hidráulica (K) de $4,0 \times 10^{-6}$ m/s. Os poços que exploram esse sistema apresentam vazão específica média de 2,5 m³/h/m e vazão média 39,06 m³/h. A recarga do Sistema Aquífero Marituba é exclusivamente por percolação vertical, através da Formação Barreiras e dos Sedimentos de Praia e Aluvião (Figura 6.6). Os cálculos das reservas reguladoras, foram realizados em conjunto com o sistema Barreiras, a disponibilidade instalada é $15,056 \times 10^6$ m³/ano e a efetiva $9,789 \times 10^6$ m³/ano.

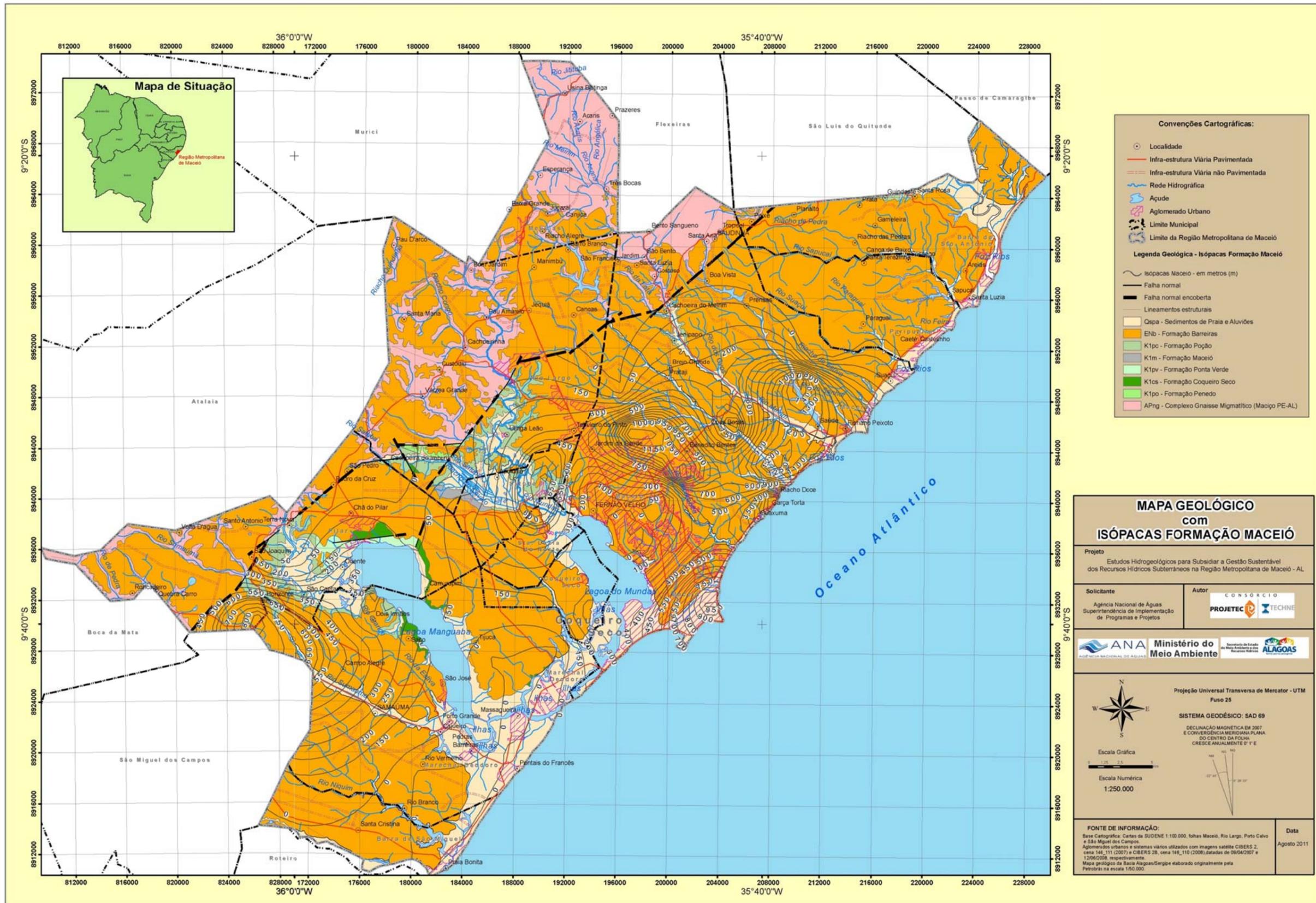


Figura 6.7 - Mapa Geológico com Isópacas da Formação Maceió.

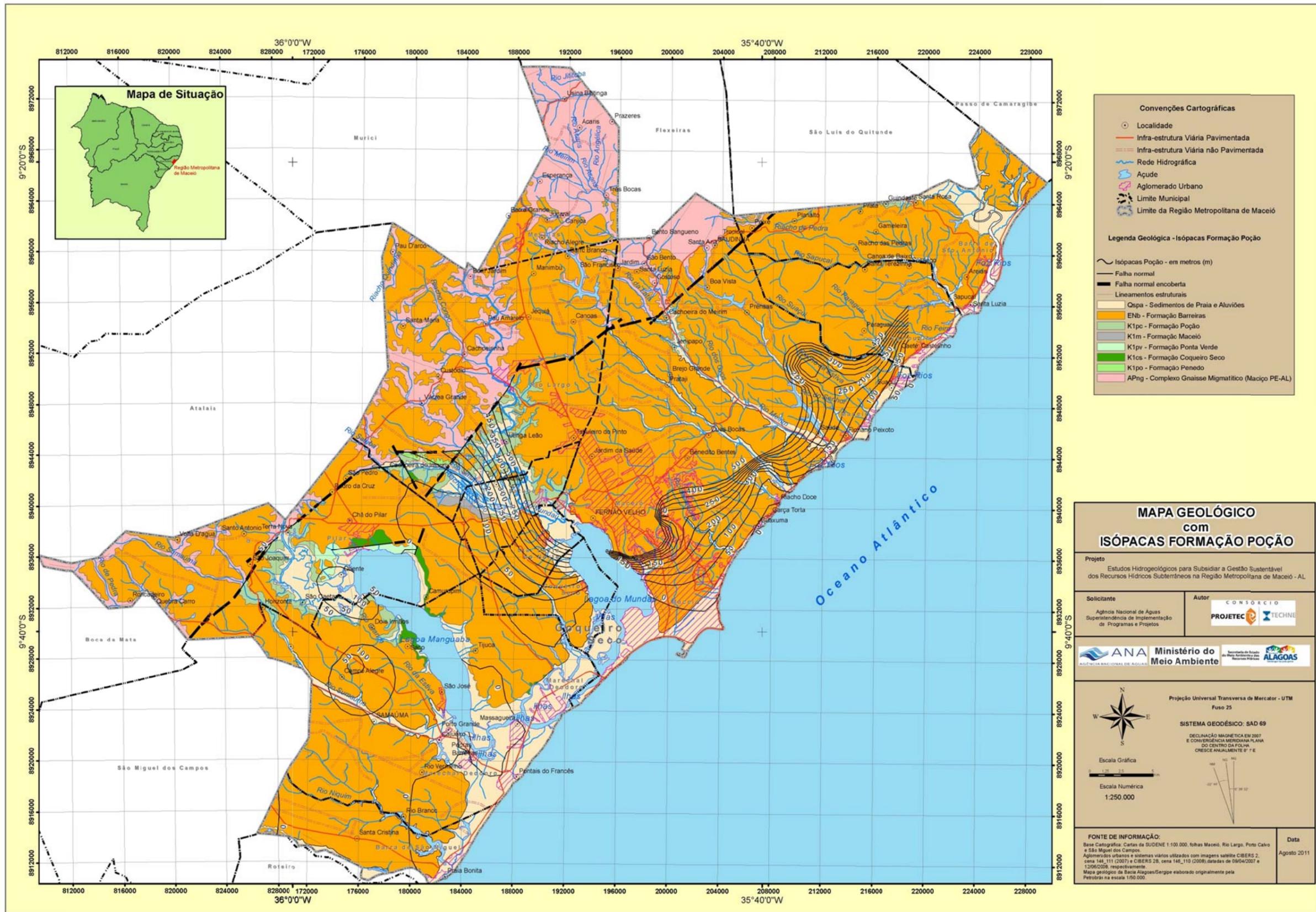


Figura 6.8 - Mapa Geológico com Isópacas da Formação Poção.

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 esse aquífero indica condições predominantemente de semiconfinamento com drenança, podendo ocorrer também uma condição de semilivre.

Os parâmetros hidrogeológicos estimados com base em testes em poços parcialmente penetrantes, mostram um aquífero de média potencialidade (transmissividade média de $2,0 \times 10^{-3}$ m²/s), com vazão específica média de 2,562 m³/h/m e vazão média de 40,242 m³/h.

Através do tratamento estatístico dos dados de poços profundos, PETROBRAS (1975) (quadro 5.1) foi construído um mapa de isópacas para esta formação (Figura 6.9).

6.2.2.2. Sistema Aquífero Barreiras

A Formação Barreiras é aflorante em quase toda a Região Metropolitana de Maceió, sob a forma de extensos tabuleiros costeiros. Esse aquífero isolado ou em conjunto com a Formação Marituba, representa o principal manancial hídrico subterrâneo na região de Maceió, e vem sendo amplamente explorado para abastecimento público, privado e industrial.

O *Sistema Aquífero Barreiras* comporta-se como um sistema de potencial médio, em função das condições de aquífero livre a semilivre existentes, e da litologia bastante variada representada por intercalações de níveis arenosos, silticos e siltico-argilosos. Apresenta níveis de condutividade hidráulica elevada (10^{-3} m/s) e níveis muito menos permeáveis (10^{-8} m/s). Os valores médios adotados para a transmissividade, condutividade hidráulica e coeficiente de armazenamento são: $T = 4,7 \times 10^{-3}$ m²/s, $K = 1,3 \times 10^{-4}$ m/s e $S = 2,9 \times 10^{-4}$. Níveis mais e menos produtivos do aquífero, resultam das variações de fácies tanto laterais como verticais da formação. As vazões específicas variam de 0,003 a 35,667 m³/h/m, com vazões de 0,178 a 264 m³/h, para rebaixamentos de 0,12 a 66 m. Do ponto de vista físico-químico, as águas do Sistema Aquífero Barreiras são consideradas como doces, não apresentando problemas de potabilidade a nível regional e predominando o tipo cloretada sódica.

Segundo Rocha (2005), o aquífero Barreiras na zona urbana de Maceió, originalmente com águas de boa qualidade, vem sendo em algumas áreas gradativamente contaminado por águas salinizadas da Formação Marituba, por meio da ascensão vertical de cones salinos, devido à exploração intensiva desse sistema. Desempenha um papel importante na alimentação das águas subterrâneas do Marituba, pois, ao longo de toda 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 das redes de distribuição de água e de saneamento público.

O Sistema Aquífero Barreiras está ameaçado de degradação devido à expansão urbana, onde os efeitos mais impactantes estão concentrados na drenagem que funciona como rede coletora do esgoto urbano, sistema de saneamento com deposição *in situ* de efluentes domésticos (fossas e sumidouros) e da ocupação desordenada do terreno. Ainda pode-se citar em menor escala para esta degradação, os cemitérios, postos de gasolina, a fertirrigação da monocultura da cana-de-açúcar na periferia da zona urbana, etc.

Através do tratamento estatístico dos dados de poços profundos, PETROBRAS (1975) (quadro 6.1) foi construído um mapa de isópacas para esta formação (Figura 6.10). O comportamento litoestratigráfico evidencia que os aquíferos Barreiras e Marituba conceituados, respectivamente, como livre e confinado encontram-se em amplas áreas em estado de comunicação permanente, ou seja, compõem um único sistema hidráulico, o qual denomina-se de Sistema Aquífero Barreiras-Marituba.

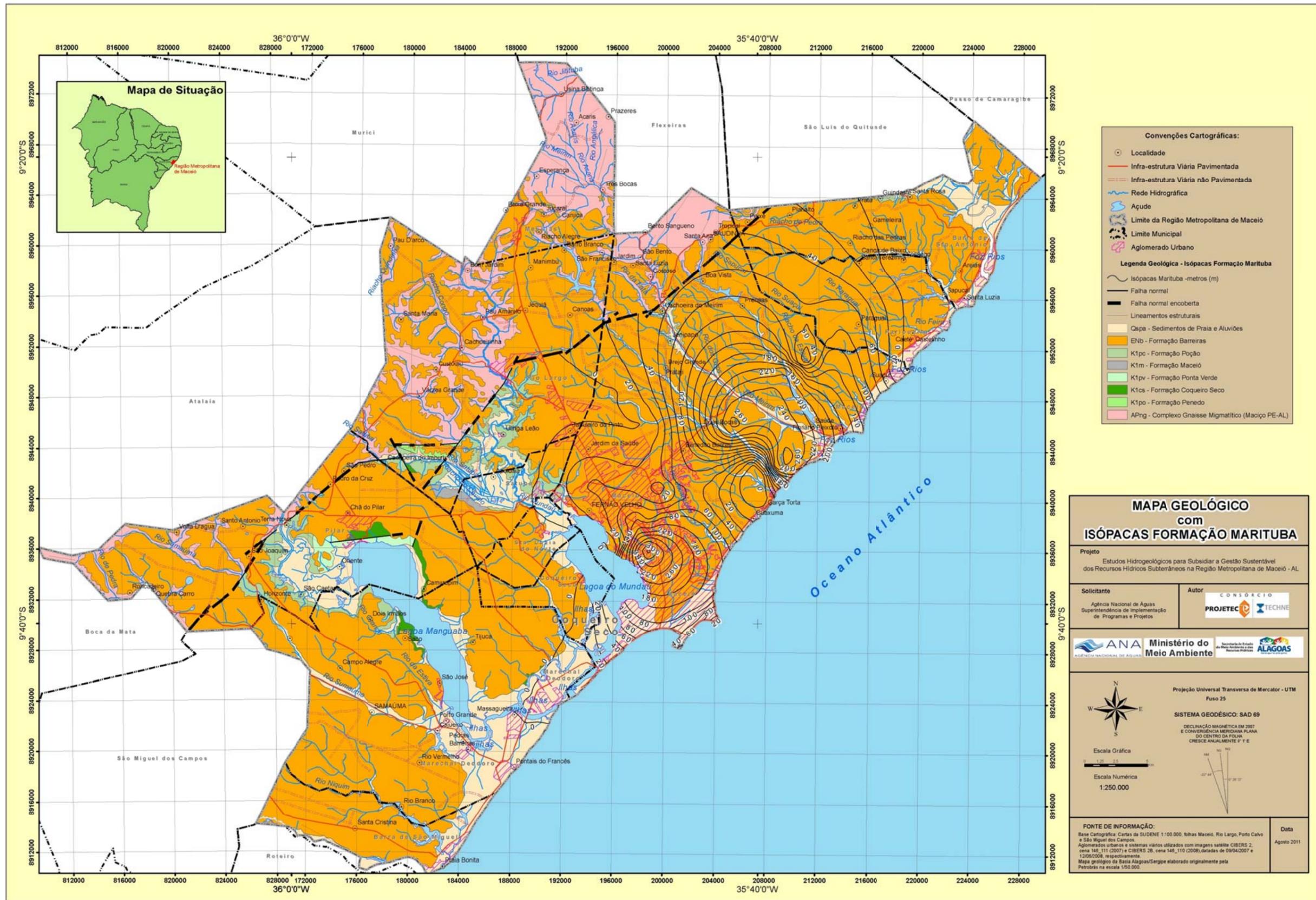


Figura 6.9 – Mapa Geológico com Isópachas da Formação Marituba.

O Sistema Aquífero Barreiras–Marituba é caracterizado, geralmente, por uma zona livre superior e diversos horizontes confinados, influenciados pelas variações sazonais. Sua área de ocorrência coincide com a área do aquífero Barreiras e grande parte dos Sedimentos de Praia e Aluvião. Constitui isoladamente, um complexo sistema hidrodinâmico com uma zona livre superior e diversas camadas confinantes 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 semilivre, conforme a sequência litológica predominante.

A análise dos perfis dos poços para captação de águas subterrâneas indica condições predominantemente de semiconfinamento com drenança, podendo ocorrer também, condições de semilivre, quando predominam os clásticos da Formação Barreiras. Sua potencialidade está condicionada à infiltração direta das chuvas na Formação Barreiras.

Os valores dos parâmetros hidrodinâmicos indicam, de um modo geral, uma potencialidade média para esse sistema, com uma transmissividade média (T) = $6,1 \times 10^{-3}$ m²/s, condutividade hidráulica (K) = $1,4 \times 10^{-5}$ m/s e coeficiente de armazenamento (S) = $1,3 \times 10^{-4}$. Até a profundidade de 220,0 metros, as vazões específicas dos poços variam de 0,035 a 21,569 m³/h/m, com vazões da ordem de 1,2 a 264 m³/h, para rebaixamentos de 0,3 a 91 m. Quanto à qualidade química, as águas são consideradas como cloretadas sódicas.

6.2.2.3. Sistema Aquífero Sedimentos de Praia e Aluvião

O Sistema Aquífero Sedimentos de Praia e Aluvião corresponde por suas características genéticas e hidrogeológicas, ao aquífero Boa Viagem da Planície do Recife (Costa *et al.*, 1994).

Esse aquífero representa um sistema livre, localmente confinado, e tem grande importância no contexto hidrogeológico na Planície Costeira, pois exerce a função de uma unidade de transferência para os aquíferos Coqueiro Seco, Maceió e Marituba, pois em toda área não urbanizada e pavimentada, recebe recarga direta das chuvas, e perdas significativas por vazamentos da rede de abastecimento d'água e saneamento básico.

A variação litológica, sua ocorrência e dimensões espaciais, resultam numa grande variação dos parâmetros hidrodinâmicos, com transmissividade entre $1,1 \times 10^{-5}$ m²/s e $6,8 \times 10^{-4}$ m²/s e condutividade hidráulica entre $1,7 \times 10^{-7}$ m/s e $1,9 \times 10^{-5}$ m/s. Foi admitido um valor médio de $T = 4,0 \times 10^{-4}$ m²/s e $K = 1,2 \times 10^{-6}$ m/s, que caracteriza esse aquífero como de baixa potencialidade.

As vazões específicas variam de 0,085 a 9,705 m³/h/m, com vazões entre 1,5 a 32 m³/h, para rebaixamentos de 0,1 a 60 m. Os poços construídos nesse aquífero são rasos, principalmente por conta do aumento do teor de cloreto que aumenta com a profundidade, constatado em diversos poços na Planície Costeira. Na porção sudeste e nordeste, principalmente na orla marítima, esse sistema é bastante explorado por poços tubulares com profundidade média de 32,44 m, para abastecimento de residências, condomínios, hotéis, escolas e casas comerciais.

Em função das suas características de aquífero superficial e permeável, é muito vulnerável à contaminação, oriunda de perdas nas redes de esgoto e galerias pluviais, intrusão salina e águas superficiais.

A recarga é exclusivamente por chuva e perdas significativas por vazamentos na rede de distribuição de abastecimento d'água e de saneamento público, na área urbana. Quanto à qualidade de suas águas, localmente encontra-se com baixa salinização, mas geralmente com alto teor de ferro e matéria orgânica.

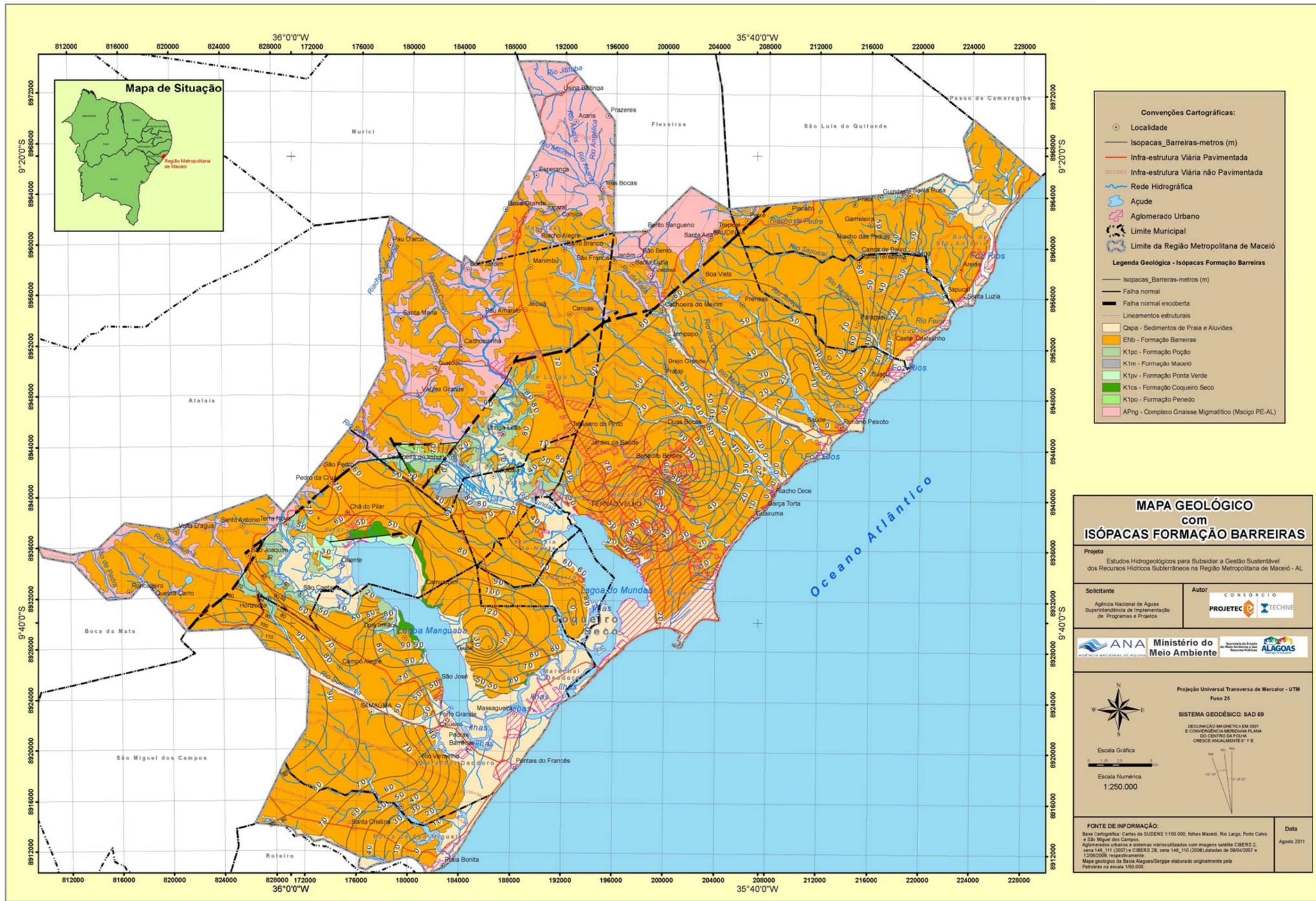


Figura 6.10 – Mapa Geológico com Isópacas da Formação Barreiras.

7. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS COMO SUPORTE AO ESTUDO HIDROGEOLÓGICO

7.1. Cadastramento de Poços e Fontes Potenciais de Contaminação

O cadastramento de poços foi concluído com 2.204 poços distribuídos da seguinte forma pelos diversos municípios de Região Metropolitana de Maceió:

- a) Maceió – 1.730
- b) Barra de Santo Antonio - 48
- c) Paripueira - 47
- d) Messias – 24
- e) Rio Largo - 79
- f) Pilar - 41
- g) Satuba - 21
- h) Coqueiro Seco - 12
- i) Sana Luzia do Norte - 33
- j) Marechal Deodoro - 137
- k) Barra de São Miguel – 32

O cadastramento foi efetuado em duas etapas distintas: a primeira por consulta em cadastros pré-existentes, dentre os quais se destacam aqueles da própria SEMARH/AL e o da Tese de Doutorado do geólogo Dr. Wilton José da Silva Rocha, enquanto a segunda constou de uma investigação de campo em que uma equipe de três auxiliares técnicos sob a supervisão de um geólogo sênior visitou os poços do cadastro já existente e aumentou o número com novos poços.

Durante as entrevistas de campo os técnicos preenchem uma ficha previamente aprovada pela CTAF na qual eram inseridos os dados que podiam ser aferidos no campo tais como as coordenadas e demais dados de localização, além dos informados pelo proprietário do poço, como o tipo de equipamento de bombeamento instalado no poço, o regime de exploração, a atual situação de uso ou não uso, a finalidade a que se destina a água captada, dentre outros.

Mesmo para os poços já constantes no levantamento da primeira etapa, o trabalho de campo foi de grande valia, pois permitiu não apenas atualizar dados, sobretudo sobre o uso da água, como ainda complementar muitos dos dados constantes na ficha cadastral e que não constavam dos cadastros pré-existentes ou estavam incompletas tais informações.

Essa tarefa de campo foi extenuante em função da dificuldade em se obter informações, tendo em vista que muitos dos usuários da água se mostraram pouco receptivos, interpretando erroneamente a finalidade do trabalho, que seria segundo afirmavam, para posterior cobrança pelo governo, pelo uso da água dos seus poços.

O cadastramento dos poços teve, dentre outras, as seguintes finalidades:

1. Conhecer a realidade da exploração das águas subterrâneas na RMM;
2. Efetuar a seleção de poços onde seriam efetuadas medições de nível e o nivelamento dos níveis estáticos;
3. Elaborar o mapa potenciométrico definindo as direções de fluxo subterrâneo e gradientes hidráulicos;
4. Avaliar a vazão de escoamento natural do sistema aquífero livre a semilivre;
5. Comparar a situação atual com as que ocorreram em décadas passadas e assim, analisar a evolução das depleções da superfície potenciométrica com o tempo;
6. Fornecer elementos para estudo da interface água doce/água salgada;
7. Fornecer elementos para escolha dos pontos a serem coletadas amostras de água para realização de análises físico-químicas, bacteriológicas, de BETEX e fenóis e de isótopos naturais.

A etapa final do trabalho foi a sistematização de dados a fim de evitar duplicidade de poços cadastrados e uniformizar as informações de entrada na planilha *EXCEL*, que posteriormente iria alimentar a planilha em *ACCESS*, do Banco de Dados.

O Banco de Dados em *ACCESS* é apresentado como anexo ao presente relatório.

As figuras 7.1 e 7.2 apresentam o Mapa Geológico com os Poços Cadastrados e com as Fontes Poluidoras na RM Maceió, respectivamente.

Do cadastro geral de 2.204 poços pode ser apresentado um resumo das características hidráulicas dos poços da bacia sedimentar mostrado no quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Resumo dos dados construtivos e hidráulicos dos poços cadastrados na Região Metropolitana de Maceió.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	Profundidade (m)	Diâmetro (pol.)	N.E. (m)	N.D. (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h/m)
Média	74,76	5,03	30,26	40,96	12,04	18,58	4,58
Mediana	80,00	4,00	34,29	42,84	5,88	5,58	2,13
Desvio Padrão	45,85	1,58	21,88	23,80	15,86	33,90	6,65
Coeficiente de Variação	61,33	31,44	72,29	58,10	131,75	182,48	145,27
Valor máximo	302,00	12,00	92,00	146,00	122,22	264,00	73,17
Valor mínimo	5,00	2,00	0,00	0,70	0,02	0,10	0,01
Nº de valores	1819	637	1318	1121	1136	1689	1132
% do total cadastrado	82,46	28,88	59,75	50,82	51,50	76,56	51,31

Como se observa, o quantitativo de dados embora não seja o ideal, haja vista que apenas para a profundidade e a vazão se obteve mais de 75% como amostra do universo de dados, pode-se considerar como aceitável para um tratamento estatístico, pois apresenta mais de 1.000 dados, representando uma amostragem de mais de 50% do universo.

A dispersão de valores em torno da média para a profundidade, diâmetro e níveis estático e dinâmico é relativamente baixa, variando entre 31% e 72% pelo que a média dos valores pode ser considerada como representativa. Ao contrário o rebaixamento, a vazão e a vazão específica apresentam coeficientes com variação superiores a 100%, devido aos valores extremos muito distanciados entre si. Dessa maneira, a mediana deve ser considerada como mais representativa para esses elementos.

Dos elementos do poço, a profundidade e a vazão são os mais importantes para caracterização do conjunto poço/aquífero, pois a penetração do poço no aquífero é um dos principais condicionantes para obtenção de uma melhor vazão. O rebaixamento dos níveis irá condicionar a vazão específica, sendo também um importante fator para correlacionamento de um poço com outro.

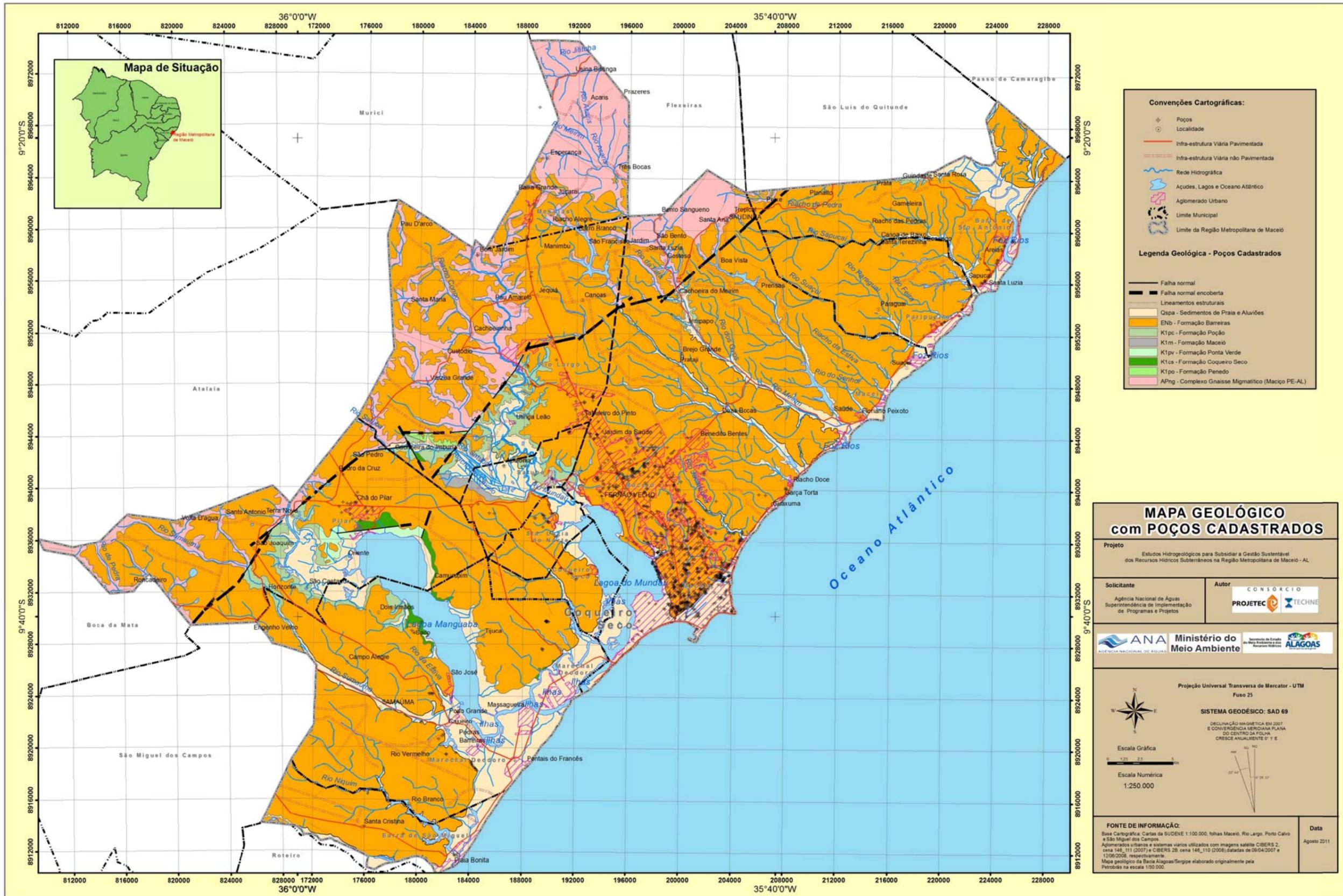


Figura 7.1 – Mapa Geológico com Poços Cadastrados.

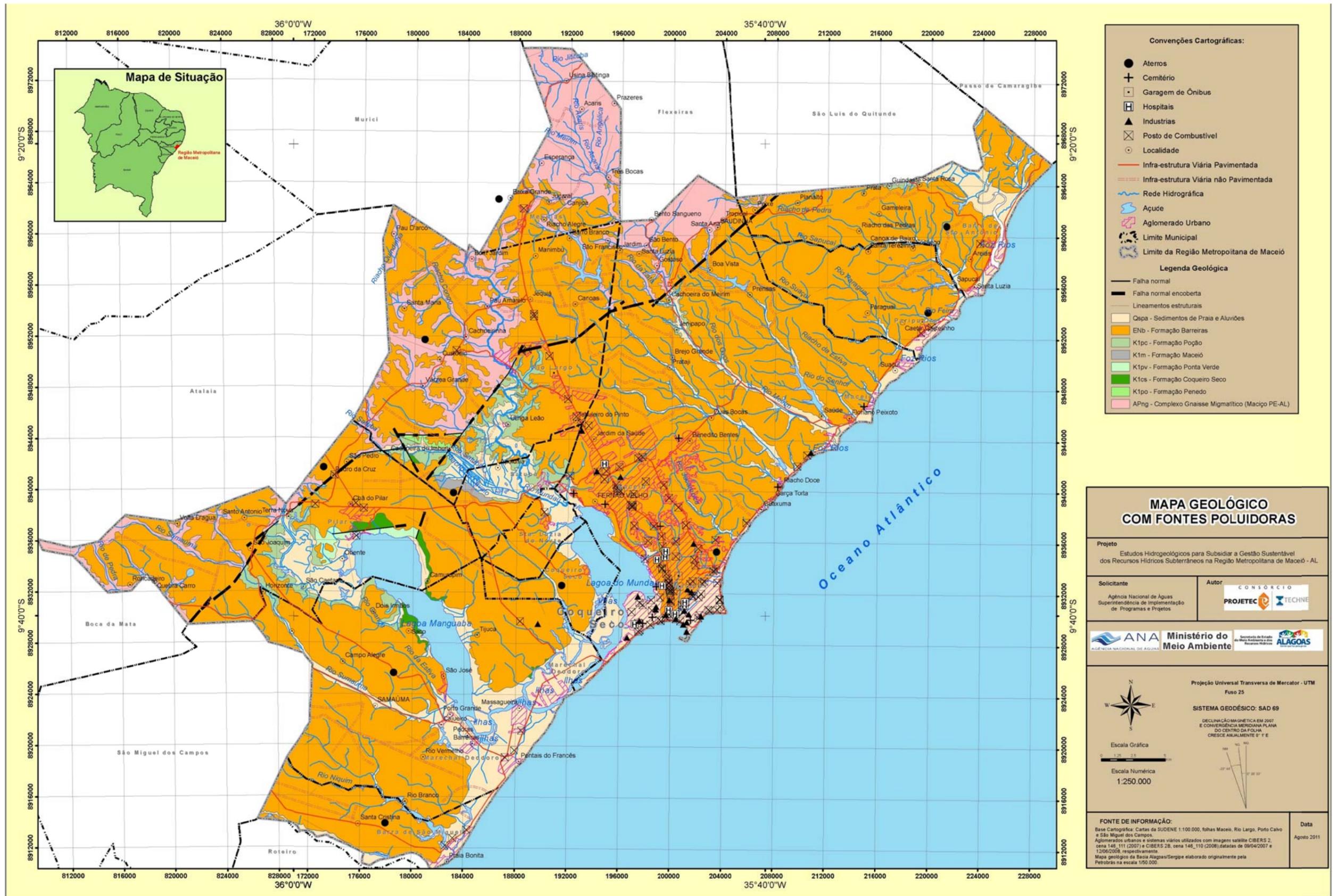


Figura 7.2 – Mapa Geológico com Fontes Poluidoras.

Quanto à profundidade, a figura 7.3 mostra bem a relação por faixa de profundidade dos poços dos aquíferos porosos na Região Metropolitana de Maceió.

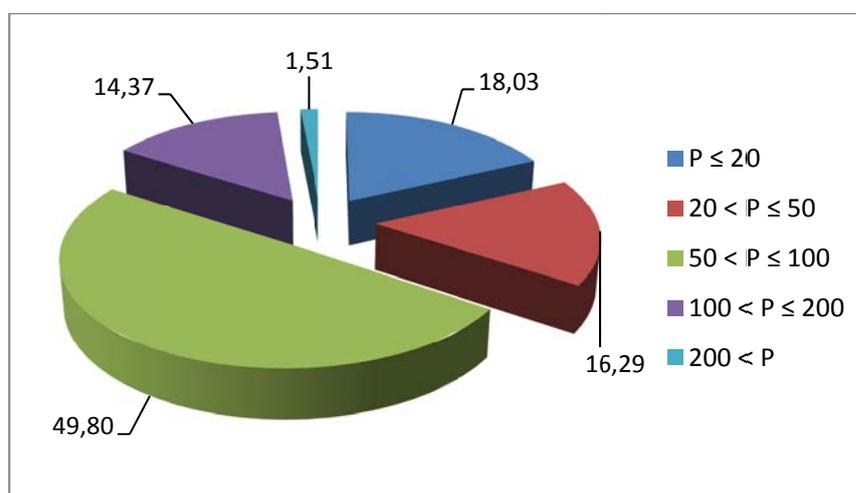


Figura 7.3 – Distribuição por faixa de variação da profundidade (em metros) dos poços na RMM.

Constata-se que 50% dos poços da área se situam na profundidade entre 50 e 100 m; abaixo dos 50 m ocorre, ainda, um grande número de poços, sendo 16,3% entre 20 e 50 m e 18% com profundidade inferior a 20 m, ou seja, poços considerados como rasos (incluem poços amazonas, poços tubulares de pequeno diâmetro, poço ponteira, etc). Os poços com profundidade superior a 100 m são poucos e menos ainda os que ultrapassaram os 200 m, com apenas 1,5%.

Quanto à vazão, pode-se apresentar a variação por faixas, como é visto na figura 7.4.

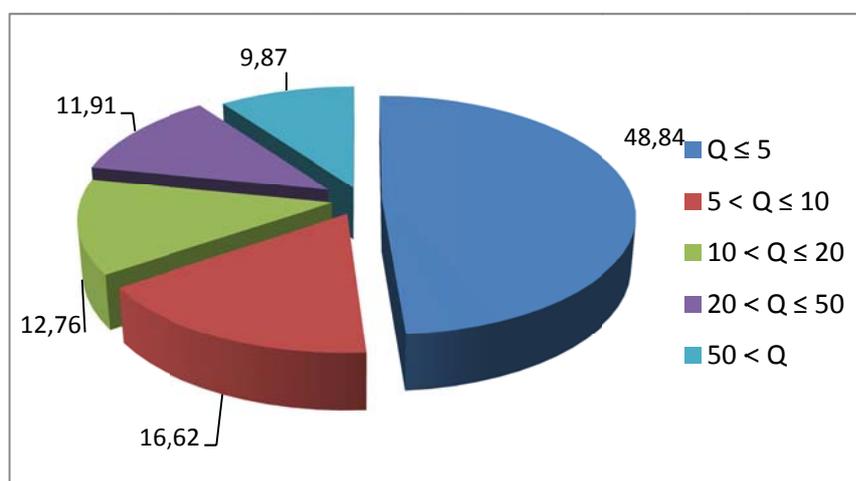


Figura 7.4 – Faixas de variação da vazão em m^3/h dos poços na RMM nos aquíferos porosos.

Verifica-se que predominam as baixas vazões, com quase 50% situando-se na faixa de vazão inferior a $5 m^3/h$; as outras faixas de vazão apresentaram valores próximos entre si (entre 12 e 16%) ficando a faixa de vazões superiores a $50 m^3/h$ restrita a menos de 10%.

Do total de mais de 2.000 poços, 16,2% são representados por poços públicos, pertencentes à CASAL enquanto 83,8% correspondem aos poços particulares.

É importante considerar essa distinção entre poços públicos e privados, pois as características dos mesmos são completamente diferentes.

Os quadros 7.2 e 7.3 mostram o tratamento estatístico dos poços de domínio público, ou seja, aqueles que foram perfurados e operados pela CASAL, empresa concessionária dos serviços de abastecimento d'água do Estado de Alagoas e os poços de particulares, respectivamente.

Quadro 7.2 – Resumo das características dos poços para abastecimento público na RMM.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	Profundidade (m)	Diâmetro (pol.)	N.E. (m)	N.D. (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h/m)
Média	113,63	7,77	29,83	43,96	15,43	51,35	6,13
Mediana	112,00	8,00	32,12	45,28	10,27	34,43	4,92
Desvio Padrão	50,94	1,74	21,13	23,37	16,06	53,78	5,97
Coeficiente de Variação	44,83	22,40	70,83	53,16	104,10	104,74	97,47
Valor máximo	302,00	12,00	73,27	109,66	91,76	264,00	39,58
Valor mínimo	12,00	4,00	0,35	3,10	0,27	0,60	0,03
Nº de valores	323	71	311	283	272	313	272
% do total cadastrado	89,47	19,67	86,15	78,39	75,35	86,70	75,35

Quadro 7.3 – Resumo das características dos poços de particulares na RMM.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	Profundidade (m)	Diâmetro (pol.)	N.E. (m)	N.D. (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h/m)
Média	66,15	4,70	30,06	39,57	10,94	11,32	4,11
Mediana	76,00	4,00	34,00	41,49	4,58	4,20	1,81
Desvio Padrão	40,07	1,19	22,22	24,00	15,54	21,35	6,74
Coeficiente de Variação	60,57	25,30	73,90	60,65	142,05	188,63	164,02
Valor máximo	300,00	12,00	92,00	146,00	122,22	240,00	73,17
Valor mínimo	5,00	2,00	0,00	0,70	0,02	0,10	0,01
Nº de valores	1517	572	1026	856	881	1394	877
% do total cadastrado	80,91	30,51	54,72	45,65	46,99	74,35	46,77

Dois elementos construtivos dos poços diferem fortemente nos dois quadros acima, que são a profundidade e o diâmetro. Verifica-se que nos poços públicos a profundidade e o diâmetro são quase o dobro das respectivas dimensões dos poços de particulares. Como consequência desses distintos tipos construtivos, a vazão dos poços públicos é cinco vezes maior pela média ou oito vezes maior pela mediana, em relação aos poços de particulares.

Essa divergência fica mais bem esclarecida quando se trata os elementos de profundidade e de vazão através de faixas de variação, como foi efetuado para os poços como um todo.

As figuras mostradas a seguir, de números 7.5 a 7.8 são bastante elucidativas quanto à influência da profundidade na vazão do poço.

O diâmetro também é muito importante, pois um diâmetro de 4" não permite a captação de vazões superiores a 10 m³/h.

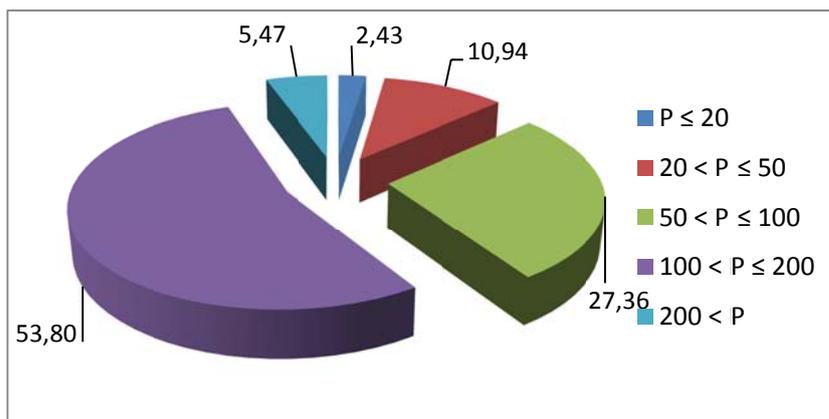


Figura 7.5 – Faixas de variação da profundidade (em metros) de poços públicos na RMM.

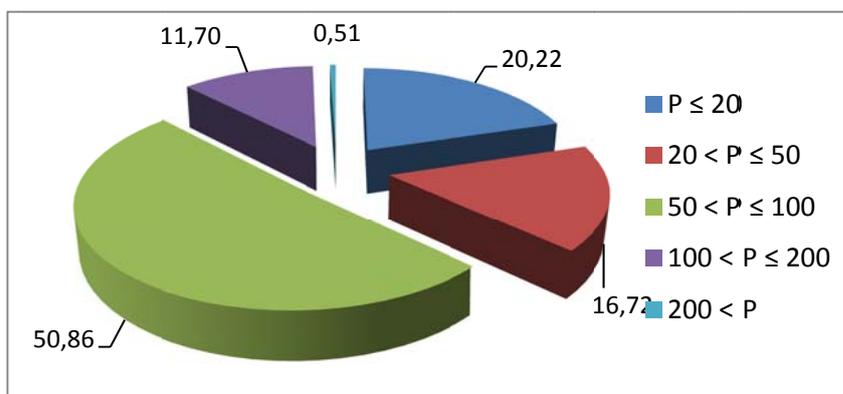


Figura 7.6 – Faixas de variação da profundidade (em metros) de poços particulares na RMM.

Enquanto nos poços públicos predomina a faixa de profundidade entre 100 e 200 m, com 53,8%, nos poços particulares predomina a faixa de profundidade entre 50 e 100 m com 50,8%; enquanto nos poços públicos a faixa de profundidade acima de 200 m é de 5,47%, nos poços particulares essa faixa é de apenas 0,5%.

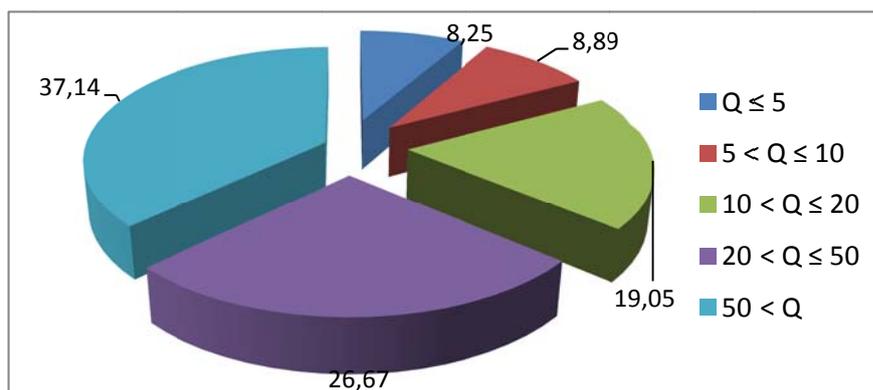


Figura 7.7 – Faixas de variação da vazão (em m³/h) de poços públicos na RMM.

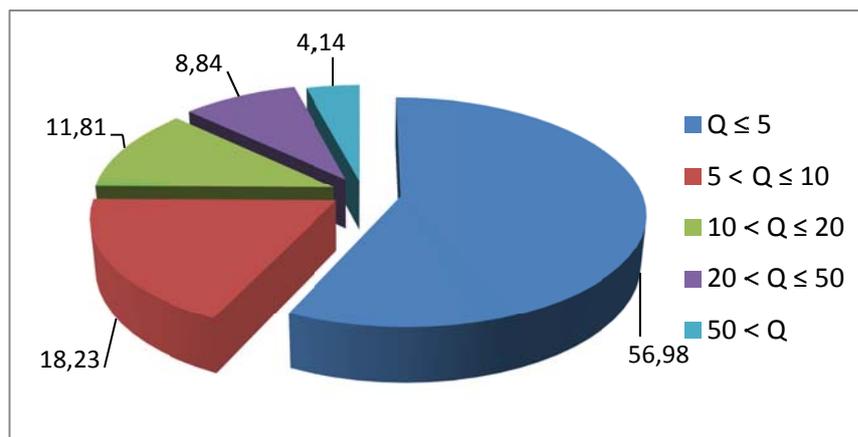


Figura 7.8 – Faixas de variação da vazão (em m³/h) de poços particulares na RMM.

Verifica-se que enquanto nos poços públicos a vazão predominante é acima dos 50 m³/h com 37,4%, seguida da faixa de vazão entre 20 e 50 m³/h, os poços particulares possuem vazões predominantemente inferiores a 5 m³/h, com 57% e apenas 4% apresentam vazões acima de 50 m³/h, provavelmente poços em indústrias, com maiores profundidades e diâmetros.

O regime de bombeamento dos poços também difere muito entre os poços públicos e particulares como mostrado nos quadros 7.4 e 7.5.

Quadro 7.4 – Análise estatística do regime de exploração dos poços públicos na RMM.

	p	
	a	
Média	23,07	6,99
Mediana	24,00	7,00
Desvio Padrão	2,98	0,10
Coeficiente de Variação	12,92	1,42
Valor máximo	24,00	7,00
Valor mínimo	4,00	6,00
Nº de valores	302	302
% do total cadastrado	83,66	83,66

Quadro 7.5 – Análise estatística do regime de exploração dos poços particulares na RMM.

	p	
	a	
Média	6,79	6,36
Mediana	6,00	7,00
Desvio Padrão	3,34	0,84
Coeficiente de Variação	49,16	13,15
Valor máximo	24,00	8,00
Valor mínimo	2,00	3,00
Nº de valores	1504	1502
% do total cadastrado	80,21	80,11

Considerando a mediana em ambos os quadros acima, conclui-se que enquanto os poços públicos adotam o regime de bombeamento de 24 horas/dia, os particulares utilizam atuam apenas com 6 horas/dia. Em ambos os casos os poços bombeiam todos os dias da semana.

Tem-se ainda que considerar os poços que estão em operação e aqueles que estão desativados, alguns definitivamente, outros temporariamente.

A figura 7.9 mostra essa relação, considerando ainda que em 11% dos poços não se dispõe de dados quanto ao seu funcionamento.

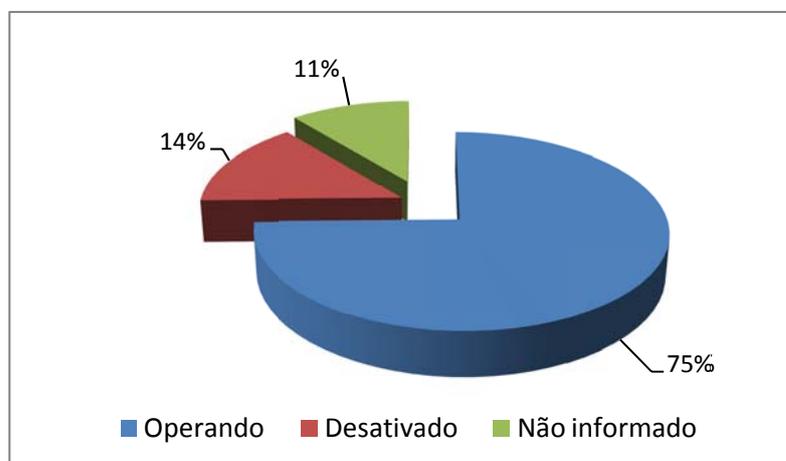


Figura 7.9 – Distribuição dos poços da RMM quanto ao seu funcionamento.

Quanto à qualidade química da água, os poços que tiveram registro da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos apresentaram uma média de 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 240 mg/l, respectivamente, com medianas de 112 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 74 mg/l. Os valores máximos da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos foram, respectivamente, de 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 7.558 mg/l. São portanto, em geral, águas de boa qualidade para o consumo humano. No capítulo de qualidade da água serão apresentados mais detalhes sobre o tema.

Quanto aos focos potenciais de contaminação é apresentado um mapa específico onde são plotadas as fontes potenciais pontuais. As fontes potenciais difusas, como a irrigação utilizada comumente nos campos de cultivo da cana-de-açúcar, podem ser visualizadas no mapa de uso do solo.

7.2. Eleição da Rede Potenciométrica

De acordo com os Termos de Referência, deveria ser definida uma rede de potenciometria para avaliação do comportamento da superfície potenciométrica do sistema aquífero livre a semilivre Barreiras/Marituba ou Barreiras/Maceió ou apenas do aquífero Barreiras, na área onde esta formação se depositou diretamente sobre o embasamento cristalino.

Para eleição dessa rede potenciométrica constando de 200 poços, conforme estabelece os Termos de Referência, foram adotados os seguintes critérios:

- Observar uma regular distribuição geográfica para atender homogeneamente a área de estudo;
- Priorizar os poços perfurados pela CASAL por possuírem dados mais completos quanto à localização dos filtros e descrição da litologia e estratigrafia;
- Observar a situação do aquífero de forma a não misturar poços em aquíferos livres a semilivres (ligeiros confinamentos por lentes argilosas intercaladas nos arenitos) com poços em aquíferos confinados, submetidos à pressão confinante de espessas camadas argilosas, folhelhos, etc;
- Existência de condições de segurança na operação de monitoramento;
- Áreas de concentração maior de baterias de poços de abastecimento público, onde a depleção dos níveis potenciométricos têm-se mostrado mais elevada.

A rede de monitoramento foi escolhida com a participação de 155 poços da CASAL, 8 poços das Prefeituras/SAEE (Paripueira, Messias, Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Pilar e Marechal Deodoro) e 37 poços de particulares.

Estas informações citadas acima estão no volume III, capítulo 10 deste relatório.

7.3. Potenciometria do Sistema Aquífero Livre a Semilivre

Para elaboração do mapa potenciométrico foram executadas duas tarefas básicas: a medição dos níveis estáticos dos poços e o nivelamento altimétrico destes.

No estudo do sistema aquífero livre a semilivre da Região Metropolitana de Maceió foram previstas duas campanhas de medição de níveis potenciométricos, com intervalo de pelo menos quatro meses entre as duas, para tentar encontrar alguma variação sazonal entre as duas medições, estabelecendo assim relação com a recarga anual desse sistema aquífero.

A primeira campanha de medição foi executada no mês de outubro, e a segunda no mês de fevereiro, resultando no mapa potenciométrico apresentado no presente relatório.

7.3.1. Medição de Níveis Estáticos

Para realização da medição dos níveis estáticos tornou-se necessária a prévia instalação de tubos guias de plástico no diâmetro de $\frac{3}{4}$ " a fim de introduzir a sonda elétrica sem riscos de aprisionamento nos fios da bomba submersa.

A medição dos níveis obedeceu à seguinte metodologia:

- Introduz-se uma tubulação de canos plásticos com $\frac{3}{4}$ " de diâmetro dentro do poço a fim de que a sonda elétrica, que vai medir o nível da água, possa ser introduzida sem riscos de aprisionamento (figuras 7.10 e 7.11);
- Mede-se com uma sonda elétrica a profundidade do nível da água dentro do poço em repouso (sem bombeamento pelo espaço de pelo menos 12 horas consecutivas), até a superfície do terreno;
- Anota-se as coordenadas UTM de posicionamento geográfico do poço assim como a sua cota altimétrica (na superfície do terreno), utilizando-se um GPS geodésico (figuras 7.12 e 7.13);
- A diferença entre a cota altimétrica na superfície do terreno e a profundidade do nível estático – N.E. - do poço (descontando-se a altura da boca do poço) fornecerá a cota altimétrica do N.E.



Figura 7.10 - Poço instalado com bomba em que foi colocado o tubo guia (em vermelho) para medição do nível estático.



Figura 7.11 - Poço sem bomba em que foi colocado o tubo guia (em vermelho) para medição do nível estático.

Foram medidos os níveis estáticos de 200 poços, posteriormente submetidos ao nivelamento para determinação da cota altimétrica do nível estático.

A medição dos níveis foi sempre antecedida da paralisação do bombeamento com antecedência mínima de 12 horas para permitir a recuperação do nível estático regional. Apesar dessa medida, não se pode assegurar que a condição de plena estabilização do nível tenha sido obtida em virtude da interferência provocada por inúmeros outros poços nas cercanias.

Para os poços da CASAL a medição ficou restrita a poços desativados uma vez que a empresa concessionária dos serviços de abastecimento público não permitiria a paralisação de vários poços da rede pública.

Após colocação de tubos auxiliares para introdução da sonda de medição de nível, foram efetuadas as medições de nível estático e o nivelamento de precisão desses pontos (figuras 7.5 e 7.6) a fim de se estabelecer as respectivas cotas potenciométricas e elaborar o mapa potenciométrico do sistema aquífero livre a semiconfinado da região de estudo.

Inúmeras dificuldades surgiram para a colocação desses tubos, inclusive casos de depredação e furto dos mesmos após a sua instalação.

7.3.2. Nivelamento dos Poços

7.3.2.1. Metodologia

A determinação das coordenadas e cotas dos poços foi feita pela equipe do Laboratório de Hidrogeologia (Labhid) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, utilizando um par de GPS (*Global Position System*) Magellan/Ashtech ProMark 2 e o programa Ashtech Solution 2.6 para pós-processamento dos dados, o que permite obter coordenadas e cotas com precisão decimétrica.

7.3.2.2. Bases Utilizadas

Foi utilizada como base principal o marco SAT-93206 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, localizado próximo a reitoria da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, cujas coordenadas UTM são as seguintes: 194.595,239 mE 8.942.574,941mN e altitude ortométrica de 86,760 m, zona 25L, Datum SAD69 (Brasil/IBGE). A Figura 7.12 apresenta uma visão geral do marco da UFAL.

A partir do marco da UFAL foi montada uma nova base no poço PBL-02A da CASAL, onde estava sendo construído um novo poço a menos de vinte metros de distância, de forma que se poderia utilizar a equipe de perfuração para monitorar o equipamento instalado, liberando a equipe da UFPE para realizar o nivelamento dos demais poços. A Figura 7.13 mostra uma vista geral nas proximidades do poço PBL-02A.



Figura 7.12 – Marco SAT-93206 da UFAL.



Figura 7.13 – Base montada no poço PBL-02A.

7.3.3. Análise do Mapa Potenciométrico

Os aquíferos subjacentes à Formação Barreiras, sobretudo o Marituba que domina a região mais habitada da cidade de Maceió, além dos aquíferos Maceió, Poção e Ponta Verde, formam com o aquífero Barreiras sistemas aquíferos livres a semiconfinados.

O mapa potenciométrico elaborado a partir dessas medições de cotas potenciométricas é apresentado no Anexo I e no capítulo 10. Uma grande restrição à elaboração do mapa potenciométrico foi a irregular distribuição de poços que pudessem ser avaliados, como pode ser visto no mapa potenciométrico. Assim uma vasta área da zona rural ao norte de Maceió, localizada entre Messias e Paripueira, ficou praticamente sem observações, sendo as curvas potenciométricas obtidas meramente por integração dos pontos pelo programa utilizado.

O mapa potenciométrico atual será comparado com os mapas elaborados nas décadas de 1980, 1990 e 2000 constantes da Tese de Doutorado de Rocha (2005), apresentados no capítulo 10.

7.4. Eleição da Rede Qualitativa

A rede qualitativa das águas subterrâneas teve múltiplos objetivos em função do tipo de análise e a finalidade a que se destina. Assim foram estabelecidos nos Termos de Referência os seguintes tipos de análises químicas e respectivos quantitativos:

- a) Análise físico-química – 200 análises em duas etapas de 100 amostras cada uma;
- b) Análise bacteriológica – 40 análises numa única etapa;
- c) Análise de BETEX e fenóis – 20 análises numa única etapa;
- d) Análise de isótopos naturais – 30 análises numa única etapa.

As análises físico-químicas tiveram como finalidade verificar a distribuição da salinidade da água ao longo da área de estudo, daí ter sido executado um quantitativo maior e terem sido dimensionadas duas etapas em épocas distintas para tentar avaliar influências sazonais.

A metodologia de seleção dos poços para coleta de água onde foram realizadas as análises físico-químicas obedeceu previamente aos seguintes critérios:

- a) Observar uma regular distribuição geográfica para atender homogeneamente a área de estudo;
- b) Priorizar os poços perfurados pela CASAL por possuírem dados mais completos quanto à localização dos filtros e a descrição da litologia e estratigrafia, além de possuírem análises mais antigas para comparação dos dados com os resultados atuais;
- c) Observar a localização de forma a contemplar os aquíferos representativos da região estudada.

Ao final da seleção constatou-se que a priorização dos poços da CASAL não pôde ser mantida devido a uma série de problemas verificados para a coleta da água, tais como a injeção da água bombeada diretamente na rede de distribuição, a ausência de dispositivo que permitisse a coleta da água logo na saída do poço, a dificuldade em coletar a água diretamente na entrada do reservatório, além de problemas de ordem burocrática. Assim, apenas 28% dos poços com água coletada corresponderam a poços da CASAL.

Para efeito do estudo hidroquímico foram, ainda, considerados os valores de análises físico-químicas de poços antigos da CASAL que, por terem sido salinizados, foram abandonados e até mesmo cimentados. Assim, foi elaborado um mapa de poços com água salinizada que não mais existem, mas que serão de grande importância para análise das áreas mais susceptíveis à salinização. Esse mapa também será importante no estudo da interface água doce/água salgada a ser elaborado no presente estudo.

As análises bacteriológicas foram realizadas para detectar possíveis focos de contaminação do aquífero por agentes orgânicos provenientes de ações antrópicas a partir da superfície do terreno, uma vez que as águas profundas muito raramente são originalmente contaminadas.

A metodologia adotada na seleção das 40 amostras foi de verificar o teor de nitrato nas análises físico-químicas realizadas na 1ª etapa de coleta, e naquelas em que o limite de 10 mg/l foi ultrapassado, foram coletadas amostras para esse tipo de análise. A rigor, das 100 análises, pouco mais de 10 tiveram esse valor anômalo indicado pelo que foram escolhidas outras análises, do acervo técnico da CENTRAL ANALÍTICA para escolha das amostras a analisar o conteúdo bacteriológico.

Os estudos de BETEX e fenóis foram programados para detectar possíveis contaminações por produtos hidrocarbonetos e/ou fenóis. Dessa maneira, os locais mais prováveis de contaminação seriam a proximidade de postos de comercialização de combustíveis, pois em outras cidades no sul do país em que foram pesquisados possíveis vazamentos de combustível para contaminação de aquíferos freáticos foram encontrados elevados níveis de contaminação.

Dessa maneira, foram selecionados alguns postos de combustível localizados nas cidades de Maceió e outras da RMM num total de 20, nos quais foram efetuadas coletas de água para as análises específicas, conforme será descrito no capítulo seguinte.

Finalmente, na escolha da rede de poços onde seriam coletadas as amostras para exames de isótopos naturais foi quando se encontrou maior dificuldade. Em princípio a realização desse tipo de análise, tem como objetivo fundamental verificar se a salinização constatada em águas subterrâneas nos poços existentes é de origem oceânica ou continental, contribuindo de partida para a análise da interface água doce/água salgada.

Acontece que conforme foi descrito acima, muitos poços perfurados e bombeados pela CASAL durante vários anos, tiveram progressivamente uma elevação dos teores de sais, chegando a atingir em alguns poços até 15.000 mg/l o que inviabilizou a continuidade da exploração do aquífero naquele poço. Nessa situação a CASAL abandonava o poço e, via de regra, cimentava ou o obstruía totalmente, de modo que atualmente não se pode mais coletar amostras da sua água para qualquer exame.

7.4.1. - Coleta de Amostras para Análises Físico-Químicas

Foram coletadas 200 amostras em duas campanhas (100 amostras por campanha) cujos locais são mostrados no quadro 7.6. As coordenadas UTM com a localização dos poços analisados são apresentadas no quadro 8.1.

A distribuição por município, em cada campanha, ficou assim:

- **Maceió:** 60 análises, das quais 28 são em poços da CASAL e 32 em poços particulares.
- **Barra de Santo Antonio:** 6 análises, das quais 4 são em poços da SAEE e dois em poços de particulares.
- **Paripueira:** 5 análises, todas em poços de particulares.
- **Messias:** 3 análises, todas em poços de particulares.
- **Satuba:** apenas uma análise em poço de particular.
- **Rio Largo:** 6 análises, todas em poços de particulares.
- **Santa Luzia do Norte:** 4 análises, todas em poços de particulares.
- **Coqueiro Seco:** 2 amostras, sendo uma em poço da CASAL e outra em poço de particular.
- **Pilar:** 4 análises, todas em poços de particulares.
- **Marechal Deodoro:** 6 amostras, sendo 3 em poços da SAEE e 3 em poços de particulares.
- **Barra de São Miguel:** 3 amostras, sendo 2 em poços da SAEE e 1 em poço de particular.

Quadro 7.6 - Relação de localidades onde foram coletadas amostras de água de poços para realização de análises físico-químicas.

MUNICÍPIO	PROPRIEDADE	LOCAL
MACEIÓ	Particular	Cristalvidro
		Transpotavel
		Mc Donald's
		Tróia
		Canavialis
		Posto Rotary
		Bunge
		Colégio Santa Úrsula
		Manguaba Petroleo
		Petrosynerg
		Posto Jacutinga
		Aldebaran Mineral
		Igal
		Grangelo
		Blumare
		Posto Portugal
		Acqua/Santa Laura
		Conj. Dom Adelmo Machado
		G. Barbosa – Serraria
		Conj. Elias Pontes Bonfim
Shopping Pátio Maceió		
Colégio Batista		
Hospital do Açúcar		
MACEIÓ	Particular	Casa de Saúde Ulisses Pernambucano
		Shopping Iguatemi
		Água da Vida
		Instituto da Visão
		Vila Emater
		Semarh
		Polícia Rodoviária Federal
		Posto Liderança
	CASAL	Saíresd. Chácaras da Lagoa
		E.T.A. Cardoso - Pb 08
		Benedito Bentes - Pbb 10
		Cely Loureiro - Cachoeira do Meirim
		Distrito Industrial - Pt 05
		Estáquio Gomes - Pegm 01
		Cidade Universitária - Pcu 01
		Sítio São Jorge - Pbd 05
		Murilópolis - Pmd 01
		Salvador Lyra - Psl 03
		Rua Ceará - Pbd 03
		Praça Antonio Magalhães
Dubeaux Leão - Pjdl 02		
Samambaia - Ps 02		
Carajás - Pcc 02 José		
Tenório - Pjtl 01		

Quadro 7.6 - Relação de localidades onde foram coletadas amostras de água de poços para realização de análises físico-químicas (continuação).

MUNICÍPIO	PROPRIEDADE	LOCAL
MACEIÓ	CASAL	José Tenório - Pjtl 05
		Jardim Serraria
		Ouro Preto
		Benedito Bentes - Pbm 01
		João Sampaio - Pcjs 02
		Santa Lúcia - Plsl 04
		Santa Lúcia - Plsl 05
		Colina dos Eucaliptos - Pce
		Henrique Equelman - Phe 01
		Clima Bom - Pcb 06
		Osman Loureiro - Pol 02
		Monte Alegre - Pma 03
		Bebedouro - Pb 04
BARRA DE SANTO ANTÔNIO	Particular	Posto Rosa Maria - Tabuba
		Cond. Bosque Rio Mar
	SAEE	Pt 03 - Av. Pedro Cavalcante
		Pt 04 - Pov. Santa Luzia
		Pt 05 - Lot. Rume Farias
		Pt 06 - Lot. Rume Farias
PARIPUEIRA	Particular	Cond. Porto Di Mare
		Alto da Boa Vista
		Lot. Porto Belo
		Alto da Boa Vista
		Cond. Sonho Verde I
MESSIAS	Particular	Posto Flecha
		Sub-Estação Chesf
		Posto Pichilau
SATUBA	Particular	Fazenda Primavera
RIO LARGO	Particular	Resd. Chácara São Bento
		OAS
		Aeroporto Poço 02 Novo
		Aeroporto Poço 01 Antigo
		Usina Termoelétrica
		Mafripes
SANTA LUZIA DO NORTE	Particular	Kilombo Cw 383
		Conj. Benedito Mascarenhas - Posto Ecológico
		Guardiano
		Mutirão
COQUEIRO SECO	CASAL	Centro
	Particular	Brasília Nova
PILAR	Particular	Lot. Manguaba - Garagem Municipal
		Pov. Mangabeiras - Escola Presidente Medici
		Lot. Edite França - Caepil 09
		Frei Damião

Quadro 7.6 - Relação de localidades onde foram coletadas amostras de água de poços para realização de análises físico-químicas (continuação).

MUNICÍPIO	PROPRIEDADE	LOCAL
MARECHAL DEODORO	SAAE	Poço Pt 03 - Zé Dias
		Poço Pt 07 - Mucuri - Povoado Malhado
		Sítio Volta d'água -
	Particular	Laguna
		Sítio Serbó - Churrascaria Costelão
		Posto Aliança
BARRA DE SÃO MIGUEL	Particular	Loteamento Altavista
	SAAE	Povoado São Sebastião
		Arquipélago do Sol - E.T.A.

7.4.2. - Coleta de Amostras para Análises Bacteriológicas

Foram coletadas 30 amostras cujos locais são apresentados no quadro 7.7. As coordenadas UTM com a localização dos poços analisados são apresentadas no quadro 8.61.

Quadro 7.7 – Relação de localidades dos pontos de coleta de amostras para análises bacteriológicas.

Nº	Município	Local
1	Barra de Santo Antonio	Santa Luzia 04
2	Maceió	Chacara da Lagoa
3	Maceió	Conjunto Serraria
4	Maceió	Posto Liderança
5	Maceió	Praça Antônio Carlos Magalhães - Pam 01
6	Maceió	Santa Lúcia - Plsl 04
7	Maceió	Benedito Bentes - Pbbe-10
8	Maceió	Bunge Fertilizantes
10	Maceió	Casa de Saúde Ulisses Pernambucano
11	Maceió	Cidade Universitária
12	Maceió	Colégio Batista
13	Maceió	Colina dos Eucaliptos - Pce
14	Maceió	Cristalvidro
15	Maceió	Dubeaux Leão - Pjdl-02
16	Maceió	Instituto da Visão
17	Maceió	Manguaba Petróleo
18	Maceió	Osman Loureiro - Pol-02
19	Maceió	Petrosynergy
20	Maceió	Posto Portugal
21	Maceió	Posto Rotary
22	Maceió	Semarh
23	Maceió	Sítio São Jorge - Pbd-05
24	Maceió	Vila Emater
25	Pilar	Loteamento Frei Damiao
26	Rio largo	Adelmo Machado
27	Maceió	Copra

Quadro 7.7 – Relação de localidades dos pontos de coleta de amostras para análises bacteriológicas (continuação).

Nº	Município	Local
28	Maceió	Unicompra Cambona
29	Maceió	Sempma
30	Maceió	Adefal

7.4.3. – Coleta de Amostras para Análises de BETEX e Fenóis

As vinte amostras destinadas ao exame de BETEX e de fenóis foram coletadas nos seguintes poços do quadro 7.8. Sua localização, com coordenadas UTM, é apresentada no mapa A.1.22 do Anexo I.

Quadro 7.8 – Relação de localidades dos pontos de coleta de amostras para análises de BETEX e fenóis.

Reg. Nº	Local	Município	UTM N	UTM E
012	Posto Shopping	Maceió	8.932.668	202.739
005	Posto Aliança	Mal. Deodoro	8.925.261	182.314
003	Posto Clean Car	Maceió	8.936.407	201.634
006	Posto Jacutinga	Maceió	8.940.550	199.550
014	Posto Hannah	Maceió	8.938.686	200.531
017	Posto Rotary	Maceió	8.934.890	200.379
009	Posto Portugal	Maceió	8.935.497	197.735
010	Petrosynergy	Maceió	8.935.497	197.735
002	Posto Liderança	Maceió	8.938.317	195.601
013	Posto Avenida	Maceió	8.919.794	179.939
011	Posto Rosa Maria	Barra de Santo Antonio	8.955.895	222.721
019	Posto Porto Bello	Paripueira	8.952.187	218.962
007	Posto Flecha	Rio Largo	8.958.705	188.171
016	Posto Pichilau	Maceió	8.958.616	188.124
008	Manguaba Petróleo	Maceió	8.940.848	193.526
020	Posto Ponto 10	Satuba/Pilar	8.938.932	183.918
004	Posto Ecológico	Santa Luzia	8.938.102	190.241
001	Posto R2	Maceió	8.931.783	201.731
015	Posto Shammar	Maceió	8.932.355	200.733
018	Mc Donalds	Maceió	8.932.914	203.621

7.4.4. Coleta de Amostras para Análises de Isótopos Naturais

As trinta amostras destinadas ao exame de isótopos naturais foram coletadas nos poços do Quadro 7.9.

Quadro 7.9 – Localização dos poços onde foram coletadas amostras para realização de análises de isótopos naturais.

N ^o	Local	Município	Coordenadas UTM	
			N	E
1	E.T.A. Cardoso	Maceió	8.934.854	198.445
2	Bebedouro Pb 04	Maceió	8.935.132	198.279
3	Benedito Bentes Pbb 01	Maceió	8.941.901	858.562
4	Osman Loureiro Pol 02	Maceió	8.939.742	853.284
5	Praça Antonio Carlos Magalhães	Maceió	893.4603	201.133
6	Bunge	Maceió	8.942.099	197.286
7	SEMARH	Maceió	8.935.329	204.179
8	Conj. Elias Pontes Bonfim	Maceió	8.938.185	206.068
9	Instituto da Visão	Maceió	8.931.865	200.347
10	Residencial Dom Adelmo Machado	Maceió	8.933.258	861.562
11	Mun. Santa Luzia - Pov. Quilombo	Santa Luzia	8.936.410	190.360
12	Mun. Barra de St. Antonio-Pov. Sta. Luzia Pt04	Barra de Santo Antonio	8.956.043	223.062
13	Vila Emater	Maceió	8.933.620	203.108
14	Mun. Barra de Santo Antonio - Pt 05	Barra de Santo Antonio	8.958.773	229.718
15	Mun. Coqueiro Seco – Reserv. CASAL Centro	Coqueiro Seco	8.933.347	193.026
16	Cond. Sonho Verde	Paripueira	8.955.052	222.211
17	G. Barbosa	Maceió	8.934.298	203.673
18	Igal	Maceió	8.934.078	202.740
19	Posto Rosa Maria - Tabuba	Barra de Santo Antonio	8.955.895	222.721
20	Petrosynerg	Maceió	8.935.496	197.735
21	Posto Liderança	Maceió	8.937.227	201.213
22	Mc Donald's	Maceió	8.932.293	203.551
23	Posto Pichilau	Maceió	8.938.670	197.410
24	Posto Flecha	Rio Largo	8.956.314	188.460

Quadro 7.9 – Localização dos poços onde foram coletadas amostras para realização de análises de isótopos naturais (continuação).

N ^a	Local	Município	Coordenadas UTM	
			N	E
25	Ute Rio Largo	Rio Largo	8.947.794	188.809
26	Casa de Saúde Ulisses Pernambucano	Maceió	8.934.386	196.182
27	Colégio Santa Úrsula	Maceió	8.931.967	203.563
28	Mun. Marechal Deodoro - Cond. Laguna	Marechal Deodoro	8.927.075	208.626
29	Mun. Barra de São Miguel – Lot. Alta Vista	Barra de São Miguel	8.911.932	181.048
30	Shopping Iguatemi	Maceió	8.932.381	202.230

8. ESTUDOS HIDROQUÍMICOS

8.1. Análise Físico-Química de Águas

8.1.1. Introdução

O presente capítulo apresenta os resultados do estudo hidroquímico das águas subterrâneas, da 1ª e 2ª etapa dos estudos hidrogeológicos para subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos na Região Metropolitana de Maceió (RMM). Dentre os objetivos desses estudos foram analisar e diagnosticar a qualidade da água subterrânea consumida pela população urbana e rural da Região Metropolitana de Maceió.

Nas atividades para a gestão dos recursos hídricos, considera-se que os aspectos quantitativos e qualitativos não podem ser dissociados. Os parâmetros qualitativos da água são definidos por sua composição química, física, biológica e radiológica e pelo conhecimento dos efeitos que podem causar os seus constituintes. O conjunto de todos os elementos que a compõe, permite estabelecer padrões de qualidade da água, classificando-a, assim, de acordo com seus limites estudados, os seus usos (consumo humano, dessedentação animal, irrigação, industrial, piscicultura, aquicultura, recreação e urbano) destas águas.

Os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A princípio, a água subterrânea tende a aumentar concentrações de substâncias dissolvidas à medida que se mover lentamente nos diferentes aquíferos. No entanto muitos outros fatores interferem, tais como: clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, litologias atravessadas, além da contaminação causada pelo homem.

Com a finalidade de complementar o estudo hidrogeológico com vistas à melhor definir as estratégias de uso e proteção das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió (RMM), efetuou-se um estudo hidroquímico que teve por base a interpretação das análises físico-químicas de águas subterrâneas realizadas na RMM, visando as suas caracterizações, no que diz respeito a:

- Caracterização dos teores dos elementos físico-químicos.
- Caracterização espacial dos parâmetros físico-químicos.
- Caracterização da adequação das águas para o uso humano, agrícola, animal e industrial.

Na definição dos poços para coleta de amostras de água subterrânea e execução de análises físico-químicas, procurou-se selecionar, a priori, poços com perfis litológicos e construtivos, levando-se principalmente em consideração sua acessibilidade para a obtenção de amostra de água subterrânea.

Foram selecionados e cadastrados 100 poços para a execução de análises físico-químicas em duas etapas distintas, sendo as etapas de coleta realizadas conforme a programação estabelecida no projeto do Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana de Maceió, Estado de Alagoas. A Figura 8.1 mostra o mapa geológico com a localização dos pontos de coleta d'água para as análises físico-químicas da 1ª e 2ª campanha.

As análises físico-químicas constaram dos seguintes parâmetros: cor, turbidez, pH, condutividade elétrica, alcalinidade de carbonatos, alcalinidade de bicarbonatos, alcalinidade hidróxido, dureza total, sólidos totais, sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro total, cloretos, sulfato, nitrito, nitrato e sílica. O quadro 8.1 mostra os resultados da 1ª e 2ª campanha das análises físico-químicas das águas subterrâneas dos poços selecionados.

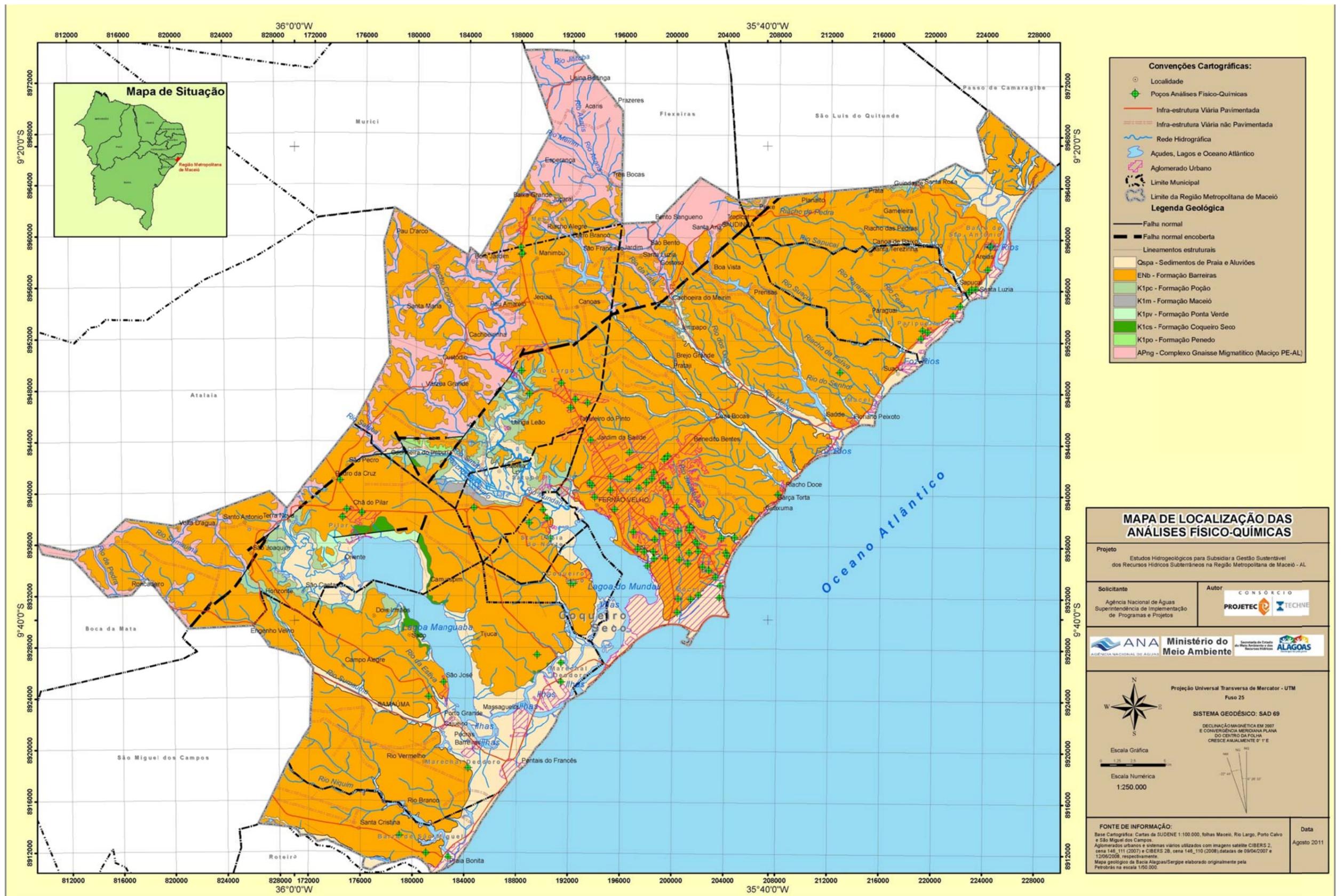


Figura 8.1 - Mapa Geológico da RMM com a localização dos pontos de coleta d'água para as análises físico-químicas.

Quadro 8.1 – Resultados das análises físico-químicas da 1ª e 2ª campanha.

Dados de Localização					Determinações da 1ª Campanha																		
Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Cor (Pt-Co/l)	Turbidez (NTU)	pH	CE µS/cm	Alcalinidade (mg/l)			Dureza	S.T.D.	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂	Fe
			N	E					HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	Hidrox.												
101684	ETA Cardoso - PBEB-08	Maceió	8934981	198492	10,00	3,40	5,06	277,00	2,00	0,000	0,000	30,00	221,00	0,01	1,65	86,22	39,78	2,44	5,83	48,80	1,60	4,37	0,24
101685	Benedito Bentes - PBEB-10	Maceió	8942321	200360	5,00	1,00	6,77	140,00	30,00	0,010	0,001	50,00	112,00	0,02	5,93	30,43	29,11	8,14	7,29	8,00	1,60	4,53	0,06
101686	Cely Loureiro - Cacheiro do Meirim	Maceió	8937180	198910	10,00	6,40	7,13	86,00	10,00	0,008	0,002	20,00	68,00	0,01	1,84	18,26	29,11	2,44	3,40	9,80	1,00	5,53	0,17
101687	Distrito Industrial - PT-05	Maceió	8941190	196400	5,00	0,10	5,56	74,00	6,00	0,000	0,000	12,00	89,00	0,01	2,13	15,22	29,11	1,63	1,94	11,20	0,50	3,70	0,09
101688	Eustáquio Gomes - PEGM-01	Maceió	8944204	193569	5,00	1,80	7,11	73,00	6,00	0,004	0,002	10,00	58,00	0,01	1,16	15,22	29,11	1,63	1,46	11,80	0,60	3,20	0,09
101689	Cidade Universitária (PCU 01)	Maceió	8943256	196546	5,00	1,70	6,55	70,00	4,00	0,001	0,001	14,00	56,00	0,01	0,88	15,22	28,45	1,63	2,43	9,30	0,60	5,03	0,08
101690	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	5,00	0,20	5,43	126,00	2,00	0,000	0,000	20,00	100,00	0,01	5,58	35,50	29,11	2,44	3,40	19,30	0,80	2,53	0,12
101691	Muriópolis - PMUR -01	Maceió	8936080	200440	5,00	0,10	5,22	107,00	2,00	0,000	0,000	20,00	85,00	0,01	2,11	28,40	29,78	2,44	3,40	15,00	0,60	0,37	0,10
101692	Salvador Lira - PSL-03	Maceió	8941716	198419	5,00	0,10	5,65	119,00	4,00	0,000	0,000	20,00	95,00	0,01	4,00	30,43	33,11	2,44	3,40	17,70	0,60	4,03	0,23
101693	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	5,00	0,10	5,74	126,00	2,00	0,000	0,000	20,00	100,00	0,01	4,66	35,50	29,11	1,63	3,89	19,40	0,70	4,03	0,12
101694	Praça Antônio Carlos Magalhães - PAM 01	Maceió	8934601	201129	5,00	0,70	5,71	368,00	2,00	0,000	0,000	20,00	294,00	0,01	5,68	121,73	28,45	1,63	3,89	75,10	0,70	5,20	0,13
101695	Dubeaux Leão - PJDL-02	Maceió	8941208	198275	5,00	0,10	5,80	111,00	2,00	0,000	0,000	30,00	88,00	0,02	6,70	30,43	28,45	4,07	4,86	10,90	1,20	1,37	0,19
101696	Samamabia - PS-02	Maceió	8936316	201687	5,00	1,40	5,71	117,00	8,00	0,000	0,000	20,00	93,00	0,01	2,69	30,43	28,45	2,44	3,40	17,20	0,70	4,70	0,08
101697	Carajás - PCC-02	Maceió	8937547	201249	5,00	0,40	5,51	125,00	2,00	0,000	0,000	20,00	100,00	0,01	2,69	35,50	28,45	4,07	2,43	19,10	0,70	2,87	0,16
101698	José Tenório - PJTL-01	Maceió	8937479	201361	5,00	0,60	5,24	111,00	2,00	0,000	0,000	24,00	88,00	0,01	3,19	30,43	28,45	3,26	3,89	13,90	0,80	5,53	0,12
101699	José Tenório - PJTL-05	Maceió	8937419	201347	5,00	0,40	5,34	117,00	2,00	0,000	0,000	20,00	93,00	0,01	2,75	32,46	28,45	2,44	3,40	17,10	0,80	2,37	0,07
101700	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	20,00	53,60	5,39	145,00	2,00	0,000	0,000	24,00	116,00	0,01	2,94	40,56	32,45	3,26	3,89	21,70	0,70	6,53	0,12
101701	Ouro Preto (POP 02)	Maceió	8936387	200315	5,00	0,70	5,28	97,00	2,00	0,000	0,000	24,00	77,00	0,02	3,55	25,38	28,45	4,07	3,40	10,70	0,70	4,87	0,18
101702	Benedito Bentes - PBEB-01	Maceió	8942740	199250	5,00	0,80	5,84	172,00	4,00	0,000	0,000	14,00	137,00	0,01	4,01	50,72	28,45	2,44	1,94	32,60	0,80	4,03	0,14
101703	João Sampaio - PCJS-02	Maceió	8937064	196888	5,00	0,10	5,77	105,00	4,00	0,000	0,000	20,00	84,00	0,01	1,92	27,39	29,11	2,44	3,40	14,30	1,10	0,20	0,13
101704	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	5,00	0,20	5,26	97,00	2,00	0,000	0,000	16,00	77,00	0,01	7,10	25,36	28,45	1,63	2,92	14,20	1,20	4,37	0,13
101705	Santa Lúcia - PLSL 05	Maceió	8940898	197858	5,00	1,00	5,73	136,00	4,00	0,000	0,000	20,00	108,00	0,01	4,11	38,55	28,45	1,63	3,89	21,50	0,90	5,03	0,19
101706	Colina Dos Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	5,00	0,20	5,67	85,00	4,00	0,000	0,000	20,00	68,00	0,01	7,09	20,29	28,45	2,44	3,40	9,00	1,90	6,70	0,10
101707	Henrique Equelman -PHE-01	Maceió	8940902	199203	5,00	2,20	6,25	91,00	10,00	0,001	0,000	26,00	72,00	0,01	4,30	20,29	28,45	4,07	3,89	8,40	0,60	6,37	0,09
101708	Clima Bom - PCB-06	Maceió	8940669	193690	5,00	1,60	5,79	87,00	6,00	0,000	0,000	18,00	69,00	0,01	3,50	20,29	39,78	2,44	2,92	11,10	0,70	6,37	0,11
101709	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	5,00	0,10	5,91	144,00	6,00	0,000	0,000	34,00	115,00	0,01	6,04	40,58	28,45	4,07	5,83	15,90	2,30	0,37	0,12
101710	Monte Alegre - Pma-03	Maceió	8936618	198483	5,00	0,10	5,36	85,00	4,00	0,000	0,000	16,00	68,00	0,01	3,44	20,29	28,45	1,63	2,92	11,60	0,80	4,20	0,11
101711	Bebedouro - PBEB-04	Maceió	8935523	198423	5,00	1,20	5,86	207,00	6,00	0,000	0,000	20,00	165,00	0,01	2,14	62,89	28,45	2,69	3,26	37,70	0,90	7,20	0,25
103207	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Maceió	8938185	206068	5,00	2,20	4,80	173,00	2,00	0,000	0,000	16,00	138,00	0,01	2,94	40,58	43,78	2,44	2,43	31,90	0,90	10,70	0,28
103187	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	5,00	0,10	4,83	177,00	4,00	0,000	0,000	30,00	141,00	0,01	8,10	45,65	45,11	4,07	4,68	25,40	2,40	11,87	0,10
102691	Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	5,00	1,10	7,03	1420,00	100,00	0,060	0,002	550,00	1136,00	0,01	1,24	278,96	435,78	114,02	65,61	62,70	12,50	25,70	0,21
102698	Blumare Veículos	Maceió	8931838	201367	5,00	1,90	7,73	211,00	6,00	0,018	0,009	60,00	168,00	0,01	0,56	30,43	104,11	11,40	7,78	18,30	4,00	18,37	0,22
103206	G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	5,00	1,20	6,04	153,00	4,00	0,000	0,000	12,00	122,00	0,01	4,04	86,22	37,11	1,63	1,94	28,50	1,80	7,37	0,10
103191	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	10,00	1,80	5,29	263,00	6,00	0,000	0,000	36,00	210,00	0,01	6,58	76,08	39,78	5,70	5,35	42,70	1,70	7,20	0,12
103190	Instituto Da Visão	Maceió	8931872	200397	5,00	1,20	4,74	257,00	2,00	0,000	0,000	40,00	205,00	0,01	7,56	75,07	44,45	4,07	7,29	39,50	1,70	10,53	0,07
102687	Troia	Maceió	8941163	196573	5,00	0,10	8,02	53,00	6,00	0,035	0,018	12,00	42,00	0,01	1,06	6,09	33,78	2,44	1,46	6,50	0,30	7,20	0,08
103205	Cj. Dom Adelmo Machado	Maceió	8933552	203252	5,00	1,30	6,46	341,00	40,00	0,006	0,000	84,00	272,00	0,01	4,05	25,36	56,45	20,36	8,26	34,40	8,40	27,37	0,08
103186	Polícia Rodoviária Federal	Maceió	8941364	195128	5,00	0,20	5,22	114,00	4,00	0,000	0,000	10,00	91,00	0,01	2,42	22,32	47,11	1,63	1,46	20,40	2,00	6,37	0,08
103188	Chacara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	5,00	0,10	5,11	106,00	6,00	0,000	0,000	10,00	84,00	0,01	5,07	20,29	43,78	1,63	1,46	19,30	0,70	10,37	0,07
102693	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	5,00	4,20	7,75	64,00	4,00	0,013	0,010	20,00	51,00	0,01	2,75	10,14	35,11	4,07	2,43	12,50	1,20	6,70	0,07
102699	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	10,00	0,20	7,65	82,00	28,00	0,070	0,008	20,00	65,00	0,01	7,76	10,14	30,45	4,07	2,43	19,60	1,70	7,53	0,08
102690	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	5,00	21,00	4,37	588,00	2,00	0,000	0,000	120,00	470,00	0,03	22,19	60,86	340,45	28,50	12,15	59,20	33,00	6,53	0,09
103192	SEMARN	Maceió	8935249	204139	10,00	0,10	4,38	303,00	6,00	0,000	0,000	80,00	242,00	0,01	13,24	91,30	41,78	9,77	13,61	30,40	3,60	5,37	0,19
102696	IGAL	Maceió	8934078	202740	5,00	0,20	7,70	210,00	30,00	0,084	0,009	70,00	168,00	0,01	3,90	35,50	73,78	13,03	9,23	13,60	3,70	11,70	0,11
102685	Transpotável	Maceió	8934362	202236	5,00	0,90	7,62	135,00	4,00	0,009	0,007	40,00	108,00	0,01	4,32	20,29	68,45	4,89	6,80	10,60	3,60	8,37	0,08
102692	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	5,00	1,90	7,87	54,00	8,00	0,033	0,013	12,00	43,00	0,01	1,28	6,09	33,11	4,07	0,49	6,40	1,00	17,03	0,10
103204	ACQUA/Santa Laura	Maceió	8936629	203701	5,00	2,90	6,51	138,00	30,00	0,005	0,001	36,00	110,00	0,01	0,78	14,20	39,11	8,14	3,89	12,60	4,20	39,70	0,12
103305	Casa de Saúde Ulisses Pernambucano	Maceió	8934386	196182	5,00	0,90	6,36	219,00	10,00	0,001	0,000	24,00	175,00	0,01	5,78	65,98	28,45	4,07	3,40	38,30	1,60	6,53	0,06
103303	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	5,00	2,20	5,74	248,00	4,00	0,000	0,000	30,00	198,00	0,01	5,90	76,08	33,78	3,26	5,35	42,20	1,70	12,03	0,05
102695	Aldebaran Água Mineral	Maceió	8938498	199340	5,00	1,10	7,83	53,00	4,00	0,015	0,012	16,00</											

Quadro 8.1 – Resultados das análises físico-químicas da 1ª e 2ª campanha (continuação).

Laboratório	Dados de Localização				Determinações da 1ª Campanha																		
	Número	Local	Município	Coordenadas UTM		Cor (Pt-Co/l)	Turbidez (NTU)	pH	CE			Alcalinidade (mg/l)			Dureza	S.T.D.				mg/l			
				N	E				µS/cm	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Hidrox.	S.T.D.	NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂
102697	GRANGELO	Maceió	8940050	208064	5,00	2,50	7,83	90,00	4,00	0,015	0,012	20,00	72,00	0,01	2,88	10,14	55,78	2,44	3,40	10,90	1,00	7,37	0,09
102684	Cristalvardo	Maceió	8937068	100231	5,00	2,00	7,19	60,00	4,00	0,003	0,003	20,00	48,00	< 0,01	5,86	10,14	68,45	4,07	2,43	11,80	1,00	8,53	0,09
102686	Mc DONALDS	Maceió	8932914	203621	5,00	0,40	7,78	1697,00	114,00	0,384	0,010	540,00	1357,00	0,01	1,25	273,89	637,78	97,73	72,90	132,30	10,50	42,70	0,11
102694	Posto Jacutinga	Maceió	8940550	199550	5,00	0,10	7,83	53,00	4,00	0,015	0,012	16,00	42,00	< 0,01	4,16	8,12	30,45	3,26	1,94	9,10	0,50	6,87	0,07
102689	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	5,00	0,60	7,72	68,00	4,00	0,012	0,009	24,00	54,00	0,01	7,77	12,17	33,11	4,89	2,92	13,50	1,50	7,70	0,11
103304	Hospital do Açúcar	Maceió	8935050	199390	5,00	5,40	7,36	178,00	4,00	0,005	0,004	30,00	142,00	0,01	2,10	52,75	29,78	4,07	4,86	26,30	1,20	9,03	0,08
103306	Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	5,00	1,30	7,55	1079,00	140,00	0,279	0,006	130,00	863,00	0,01	2,10	324,61	37,78	24,43	17,01	185,20	4,60	17,20	0,13
103302	Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	5,00	15,20	6,34	89,00	10,00	0,001	0,000	10,00	71,00	0,01	2,26	15,22	38,45	2,44	0,97	15,60	0,40	1,37	0,09
103307	Água da Vida Transportes	Maceió	8935348	201087	5,00	2,10	7,02	110,00	4,00	0,002	0,002	10,00	88,00	0,01	4,10	25,12	28,45	1,60	1,42	21,60	0,80	8,25	0,05
101712	Conjunto Zé Dias - PT-03	Marechal Deodoro	8924126	181174	5,00	0,90	7,98	132,00	10,00	0,053	0,016	20,00	105,00	< 0,01	2,18	34,49	39,78	4,07	2,43	17,70	5,90	25,70	0,05
101713	Povoado Malhado - PT-07	Marechal Deodoro	8918590	184260	5,00	0,90	7,92	136,00	8,00	0,037	0,014	16,00	108,00	< 0,01	1,35	35,50	32,45	3,26	1,94	22,30	2,90	9,03	0,04
101714	Sítio Volta D'água	Marechal Deodoro	8927423	189549	5,00	1,30	7,87	118,00	6,00	0,025	0,013	14,00	94,00	< 0,01	1,04	30,43	30,45	2,44	1,94	22,20	0,70	7,02	0,05
101715	Loteamento Laguna	Marechal Deodoro	8927075	208626	10,00	7,30	7,22	136,00	10,00	0,009	0,003	14,00	108,00	< 0,01	0,61	35,50	30,45	3,26	1,46	24,40	0,60	5,53	1,35
101716	Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	20,00	6,10	7,64	115,00	6,00	0,015	0,007	14,00	92,00	< 0,01	0,55	28,40	33,11	2,44	1,94	19,70	0,60	9,03	0,39
101717	Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	> 100,00	41,30	7,82	399,00	26,00	0,096	0,011	20,00	319,00	0,02	0,88	101,44	79,11	4,07	2,43	78,80	6,20	18,37	0,71
101718	Loteamento Arquipélago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	40,00	25,60	7,95	156,00	16,00	0,079	0,015	20,00	124,00	0,01	63,00	35,50	41,78	4,07	2,43	26,10	1,10	13,20	3,65
101719	Loteamento Alta Vista	Barra de São Miguel	8911932	181048	5,00	2,40	7,94	89,00	6,00	0,029	0,015	10,00	71,00	< 0,01	0,81	20,29	30,45	1,63	1,46	15,60	0,60	7,37	0,04
101720	Povoado São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	5,00	4,10	7,90	120,00	6,00	0,026	0,014	10,00	96,00	< 0,01	0,70	27,39	39,11	1,63	1,46	22,50	0,80	7,20	0,26
103198	Posto Rosa Maria-Tabuba	Barra de Sto. Antonio	8955895	222721	5,00	0,40	6,08	175,00	10,00	0,001	0,000	16,00	140,00	0,01	1,73	45,65	38,45	2,44	2,43	32,40	0,50	77,09	0,09
103199	Santa Luzia 04	Barra de Sto. Antonio	8956104	223242	5,00	0,40	4,96	171,00	4,00	0,000	0,000	24,00	136,00	< 0,01	12,10	45,66	38,45	4,07	3,40	26,80	2,50	93,37	0,10
103200	Santa Luzia 03	Barra de Sto. Antonio	8956084	222926	5,00	0,70	5,97	144,00	12,00	0,001	0,000	28,00	115,00	< 0,01	1,45	46,66	37,78	4,89	3,89	19,40	1,30	9,03	0,10
103201	Condomínio Bosque Rio Mar	Barra de Sto. Antonio	8957658	224156	5,00	0,50	6,02	164,00	10,00	0,001	0,000	20,00	131,00	< 0,01	0,85	34,49	41,78	4,07	2,43	27,30	2,10	9,37	0,08
103202	Loteamento Rume Farias - PT-05	Barra de Sto. Antonio	8959494	224399	5,00	0,20	6,57	113,00	6,00	0,001	0,001	10,00	90,00	< 0,01	1,49	40,58	37,78	1,63	1,46	20,90	0,60	6,70	0,12
103203	Loteamento Rume Farias - PT-06	Barra de Sto. Antonio	8959400	224344	5,00	0,20	5,15	76,00	2,00	0,000	0,000	12,00	60,00	< 0,01	2,03	25,36	37,11	1,63	1,94	11,70	0,60	8,70	0,08
103170	Reservatório CASAL - Centro da Cidade	Coqueiro Seco	8933026	192290	5,00	1,80	5,19	149,00	6,00	0,000	0,000	20,00	119,00	< 0,01	1,79	35,50	43,78	6,00	2,43	23,40	2,60	6,87	0,08
103171	Brasília Nova	Coqueiro Seco	8933016	192096	5,00	0,60	4,95	97,00	4,00	0,000	0,000	14,00	77,00	< 0,01	1,28	18,26	43,11	4,00	2,43	15,50	0,70	10,20	0,12
103167	Posto Flecha	Messias	8958705	188171	5,00	0,50	5,56	141,00	8,00	0,000	0,000	16,00	112,00	0,01	2,93	35,50	39,78	2,44	2,43	24,10	1,40	7,20	0,09
103168	Posto Pichilau	Messias	8958616	188124	5,00	0,50	6,55	86,00	4,00	0,001	0,001	12,00	68,00	< 0,01	2,11	15,22	41,11	2,44	1,46	13,80	0,80	5,37	0,07
103169	SUB-ESTAÇÃO da CHESF - BR 101	Messias	8959162	188047	5,00	0,20	5,38	102,00	6,00	0,000	0,000	20,00	81,00	0,01	2,27	20,29	41,11	3,26	2,92	13,90	0,60	7,37	0,10
103193	Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	100,00	3,30	6,28	259,00	48,00	0,005	0,000	50,00	207,00	0,01	1,49	50,72	65,45	14,66	3,40	33,10	5,60	7,37	0,41
103194	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952884	219129	10,00	3,00	6,45	122,00	8,00	0,001	0,000	20,00	97,00	< 0,01	2,20	26,37	41,78	4,07	2,43	18,30	1,00	6,87	0,16
103195	Loteamento Porto Belo	Paripueira	8952248	219008	5,00	0,10	5,31	135,00	10,00	0,000	0,000	24,00	108,00	< 0,01	2,20	30,43	41,11	4,07	3,40	19,00	1,60	10,20	0,10
103196	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952758	219533	10,00	0,20	5,50	115,00	10,00	0,000	0,000	20,00	92,00	< 0,01	1,39	24,43	39,11	4,07	2,43	16,90	0,60	53,70	0,31
103197	Condomínio Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	40,00	7,00	6,04	273,00	30,00	0,002	0,000	44,00	218,00	< 0,01	1,17	71,01	43,78	8,14	5,83	40,80	2,40	79,35	0,32
102688	Canavialis	Paripueira	8949588	212783	5,00	0,40	7,90	54,00	4,00	0,018	0,014	14,00	43,00	< 0,01	0,55	7,10	33,78	4,07	0,97	7,20	0,20	9,37	0,09
103182	Loteamento Manguaba-Garagem Mun.	Pilar	8938433	175907	20,00	0,80	6,22	116,00	6,00	0,001	0,000	12,00	92,00	0,01	7,12	22,32	47,11	2,44	1,46	20,50	0,90	7,37	0,27
103183	Escola Presidente Medici	Pilar	8940965	174200	10,00	0,80	6,69	99,00	10,00	0,003	0,001	10,00	79,00	< 0,01	1,77	15,22	46,45	2,44	0,97	17,80	0,50	10,70	0,20
103184	Loteamento Edite França	Pilar	8938067	174414	5,00	1,70	6,56	94,00	4,00	0,001	0,001	10,00	75,00	0,01	1,84	15,22	47,11	2,44	0,97	16,60	0,70	11,03	0,11
103185	Loteamento Frei Damiao	Pilar	8938697	174741	5,00	1,50	6,27	121,00	4,00	0,000	0,000	10,00	120,00	< 0,01	5,40	25,35	28,45	1,63	1,46	22,80	0,60	10,03	0,11
103176	Residencial Chacara São Bento	Rio Largo	8946682	191962	5,00	1,40	7,00	102,00	28,00	0,016	0,002	30,00	81,00	0,01	3,92	10,14	45,78	8,14	2,43	8,70	1,20	9,03	0,09
103177	OAS	Rio Largo	8948613	191244	5,00	6,60	7,44	115,00	10,00	0,015	0,005	20,00	92,00	0,01	1,54	20,29	47,78	2,44	3,40	15,80	2,20	9,37	0,08
103178	Aeroporto Zumbi 02	Rio Largo	8947100	193308	5,00	0,60	6,60	95,00	12,00	0,003	0,001	12,00	76,00	0,01	1,60	12,17	43,78	3,26	0,97	15,80	0,80	6,70	0,07
103179	Aeroporto 01	Rio Largo	8947360	192327	5,00	1,00	6,47	90,00	4,00	0,001	0,001	10,00	72,00	< 0,01	1,72	15,22	44,45	1,63	1,46	15,60	1,00	8,70	0,11
103180	UTE Rio Largo	Rio Largo	8947794	188809	5,00	2,50	6,44	212,00	14,00	0,002	0,000	20,00	169,00	< 0,01	1,79	53,76	47,11	4,07	2,43	36,80	4,60	39,70	0,07
103181	Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	40,00	50,50	6,54	172,00	20,00	0,004	0,001	20,00	137,00	0,01	1,79	30,43	62,45	4,07	2,43	29,30	1,60	27,37	0,31
103172	Quilombo	Sta.Luzia do Norte	8936526	190505	5,00	0,70	7,73	375,00	132,00	0,397	0,009	180,00	300,00	0,01	3,55	62,89	49,78	36,65	21,87	25,20	8,10	53,70	0,13
103173	Posto Ecologico	Sta.Luzia do Norte	8938102	190241	5,00	0,90	7,38	201,00	30,00	0,040	0,004	24,00	160,00	0,01	2,14	43,62	48,45	3,26	3,89	30,70	7,60	79,53	0,10
103174	Guardiano	Sta.Luzia do Norte	8938742	189918	5,00	0,60	7,30	214,00	40,00	0,045	0,003	30,00	171,00	0,01	2,61	45,65	45,78	4,07	4,86	32,20	5,20	77,03	0,08
103175	Mutirão	Sta.Luzia do Norte	8937832	188952	5,00	0,80	7,40	323,00	190,00	0,268	0,004	160,00	258,00	< 0,01	1,24	30,43	47,78	28,50	21,87	25,20	6,40	93,37	0,92
10318																							

Quadro 8.1 – Resultados das análises físico-químicas da 1ª e 2ª campanha (continuação).

Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Cor (Pt-Co/l)	Turbidez (NTU)	pH	CE			Alcalinidade (mg/l)	Dureza	S.T.D.	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂	Fe
			N	E				μS/cm	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻													
106893	ETA Cardoso - PBEB-08	Maceió	8934981	198492	10,00	1,50	7,35	337,00	2,00	0,00	0,00	24,00	269,00	0,05	3,67	106,51	37,78	4,07	3,40	65,80	2,10	11,20	0,20
106896	Benedito Bentes - PBEB-10	Maceió	8942321	200360	5,00	0,20	7,33	125,00	10,00	0,01	0,00	20,00	100,00	0,07	3,45	12,17	33,11	4,07	2,43	18,90	1,20	7,87	0,08
106897	Cely Loureiro - Cacheiro do Meirim	Maceió	8937180	198910	5,00	0,10	7,66	74,00	2,00	0,01	0,01	40,00	59,00	0,02	2,44	32,46	33,11	8,14	4,86	6,20	0,90	7,53	0,05
106899	Distrito Industrial - PT-05	Maceió	8941190	196400	5,00	1,10	7,57	90,00	6,00	0,01	0,01	30,00	72,00	0,03	1,70	16,52	35,78	4,07	4,86	6,50	0,30	9,53	0,07
106881	Eustáquio Gomes - PEGM-01	Maceió	8944204	193569	20,00	5,60	7,60	70,00	4,00	0,01	0,01	16,00	56,00	0,03	1,01	12,17	35,11	4,07	1,46	8,50	0,40	7,87	0,12
106883	Cidade Universitária (PCU 01)	Maceió	8943256	196546	5,00	1,90	7,56	81,00	8,00	0,02	0,01	16,00	64,00	0,01	0,84	15,22	68,45	4,07	1,46	11,00	0,40	6,20	0,13
106885	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	5,00	2,00	7,36	146,00	2,00	0,00	0,00	20,00	116,00	0,01	2,86	40,58	33,11	1,63	3,89	23,60	1,00	9,53	0,11
106887	Murilópolis - PMUR -01	Maceió	8936080	200440	5,00	0,60	7,55	116,00	4,00	0,01	0,01	24,00	92,00	0,01	2,11	28,40	35,11	4,07	3,40	15,00	9,00	9,53	0,08
106890	Salvador Lira - PSL-03	Maceió	8941716	198419	5,00	0,60	7,44	115,00	2,00	0,00	0,00	20,00	92,00	0,07	3,22	28,40	33,11	2,44	3,40	16,60	0,60	5,03	0,08
106886	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	5,00	0,90	7,45	119,00	4,00	0,01	0,00	16,00	95,00	0,01	4,10	30,43	33,11	2,44	2,43	19,10	1,50	8,03	0,07
106878	Praça Antônio Carlos Magalhães - PAM 01	Maceió	8934601	201129	10,00	1,10	7,42	151,00	20,00	0,03	0,00	20,00	120,00	0,02	4,00	35,50	34,45	5,70	1,46	25,00	0,80	8,37	0,08
106889	Dubeaux Leão - PJDJL-02	Maceió	8941208	198275	5,00	1,20	7,43	174,00	6,00	0,01	0,00	20,00	139,00	0,02	2,29	50,72	33,11	4,07	2,43	30,50	0,60	8,70	0,10
106874	Samamabia - PS-02	Maceió	8936316	201687	10,00	0,30	7,54	115,00	4,00	0,01	0,01	20,00	92,00	0,05	5,04	28,40	34,45	6,52	0,97	16,70	0,70	5,20	0,07
106898	Carajás - PCC-02	Maceió	8937547	201249	5,00	0,10	7,61	123,00	6,00	0,01	0,01	20,00	98,00	0,02	1,63	18,26	33,11	4,07	2,43	18,80	0,80	8,37	0,10
106888	José Tenório - PJTL-01	Maceió	8937479	201361	5,00	0,20	7,37	132,00	2,00	0,00	0,00	20,00	105,00	0,01	2,07	35,50	33,78	4,07	2,43	20,70	0,80	9,03	0,12
106876	José Tenório - PJTL-05	Maceió	8937419	201347	5,00	14,70	7,43	132,00	6,00	0,01	0,00	30,00	105,00	0,05	4,70	30,43	41,78	8,14	2,43	15,20	2,10	9,87	0,11
106894	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	5,00	0,50	7,46	117,00	2,00	0,01	0,00	20,00	93,00	0,04	2,71	30,43	33,11	4,89	1,94	17,20	1,00	8,20	0,11
106882	Ouro Preto (POP 02)	Maceió	8936387	200315	5,00	1,20	7,32	152,00	2,00	0,00	0,00	30,00	121,00	0,05	4,17	42,60	33,78	4,07	4,86	20,30	1,30	5,03	0,18
106895	Benedito Bentes - PBEB-01	Maceió	8942740	199250	5,00	0,60	7,42	120,00	10,00	0,01	0,00	44,00	96,00	0,02	2,45	30,43	33,78	8,14	5,83	6,40	0,80	7,37	0,15
106880	João Sampaio - PCJS-02	Maceió	8937064	196888	5,00	0,70	7,46	160,00	2,00	0,00	0,00	24,00	128,00	0,04	2,68	45,65	33,11	8,14	0,97	25,10	1,00	7,37	0,05
106879	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	5,00	4,60	7,50	95,00	8,00	0,01	0,01	26,00	76,00	0,03	6,37	20,29	33,78	8,14	1,48	9,40	0,70	10,87	0,62
106873	Santa Lúcia - PLSL 05	Maceió	8940898	197858	5,00	11,20	7,06	127,00	4,00	0,00	0,00	30,00	101,00	0,02	4,94	30,43	39,78	8,96	1,94	14,40	1,70	8,70	0,10
106900	Colina Dos Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	5,00	0,60	6,62	90,00	4,00	0,00	0,00	20,00	72,00	0,01	6,02	20,26	33,69	2,44	3,40	6,90	1,20	6,23	0,09
106875	Henrique Equelman -PHE-01	Maceió	8940902	199203	10,00	4,40	7,45	133,00	10,00	0,02	0,00	30,00	106,00	0,05	5,04	30,43	39,78	9,77	1,46	15,40	2,20	10,87	0,06
106891	Clima Bom - PCB-06	Maceió	8940669	193690	20,00	6,20	7,39	95,00	10,00	0,01	0,00	40,00	76,00	0,04	2,45	20,29	38,45	4,89	6,80	6,20	1,10	8,37	0,24
106892	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	5,00	0,20	7,21	154,00	2,00	0,00	0,00	40,00	123,00	0,04	5,13	40,58	33,11	4,07	7,29	15,50	1,80	9,37	0,12
106884	Monte Alegre - Pma-03	Maceió	8936618	198483	5,00	0,30	7,44	112,00	26,00	0,04	0,00	20,00	89,00	0,01	1,75	20,29	33,11	4,07	2,43	16,10	0,80	7,87	0,08
106877	Bebedouro - PBEB-04	Maceió	8935523	198423	10,00	1,20	7,30	205,00	2,00	0,00	0,00	20,00	164,00	0,05	1,67	60,86	28,45	6,52	0,97	37,20	0,90	9,53	0,10
106802	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Maceió	8938185	206068	5,00	0,20	6,84	156,00	4,00	0,00	0,00	20,00	124,00	0,01	3,37	45,65	28,45	2,44	3,40	25,80	1,30	6,87	0,14
106794	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	5,00	0,20	7,46	145,00	2,00	0,00	0,00	30,00	116,00	0,02	6,27	40,58	32,45	4,07	4,86	18,20	2,00	12,70	0,04
106803	Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	5,00	0,50	7,82	1258,00	100,00	0,37	0,01	600,00	1006,00	0,03	2,13	385,47	67,11	114,02	77,76	6,20	10,20	33,37	5,00
106796	Blumare Veículos	Maceió	8931838	201367	5,00	0,30	7,31	206,00	10,00	0,01	0,00	60,00	164,00	0,01	1,88	60,86	29,78	12,22	7,29	17,70	3,20	16,20	0,07
106804	G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	5,00	1,00	7,40	1174,00	120,00	0,17	0,00	120,00	939,00	0,01	1,65	355,04	53,11	16,29	19,44	184,20	51,00	5,70	5,00
106799	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	5,00	0,40	6,32	187,00	6,00	0,00	0,00	30,00	149,00	0,01	9,66	55,79	28,45	2,44	5,83	28,20	1,50	9,37	0,10
105807	Instituto Da Visão	Maceió	8931872	200397	5,00	0,20	5,39	225,00	2,00	0,00	0,00	32,00	180,00	0,01	5,50	71,01	28,45	4,07	5,35	36,20	1,50	10,37	5,00
106806	Troia	Maceió	8941163	196573	5,00	0,20	5,23	85,00	4,00	0,00	0,00	20,29	68,00	0,01	2,54	20,29	28,45	1,63	1,46	14,30	1,00	5,87	5,00
106801	Cj. Dom Adelmo Machado	Maceió	8933552	203252	5,00	0,20	7,37	301,00	36,00	0,05	0,00	100,00	240,00	0,06	2,45	81,15	39,11	20,36	12,15	17,90	8,20	11,20	0,19
106797	Polícia Rodoviária Federal	Maceió	8941364	195128	5,00	0,20	6,83	89,00	8,00	0,00	0,00	20,00	71,00	0,01	3,15	20,29	28,45	4,89	1,94	10,40	1,10	5,53	0,15
106798	Chacara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	5,00	0,20	6,31	99,00	4,00	0,00	0,00	20,00	79,00	0,01	4,21	25,36	28,45	1,63	3,89	12,90	1,00	7,53	0,09
106791	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	5,00	1,20	7,38	230,00	4,00	0,01	0,00	20,00	184,00	0,04	5,62	71,01	30,45	4,07	2,43	43,10	0,80	6,20	0,08
106793	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	5,00	0,60	7,24	115,00	2,00	0,00	0,00	24,00	92,00	0,04	8,12	30,43	31,78	4,07	3,40	14,60	0,70	8,03	0,05
106805	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	5,00	0,50	4,73	298,00	4,00	0,00	0,00	90,00	238,00	0,01	16,40	91,30	39,11	24,43	7,29	9,80	31,00	1,70	5,00
106800	SEMARN	Maceió	8935249	204139	5,00	0,20	5,35	261,00	2,00	0,00	0,00	60,00	208,00	0,01	15,97	83,18	28,45	8,14	9,72	30,10	3,20	10,87	0,09
106808	IGAL	Maceió	8934078	202740	5,00	1,40	7,21	210,00	30,00	0,03	0,00	74,00	168,00	0,01	3,58	60,10	28,45	16,28	8,26	15,20	2,60	8,52	0,09
106812	Transpotável	Maceió	8934362	202236	5,00	1,20	6,02	154,00	2,00	0,00	0,00	20,00	123,00	0,01	3,08	45,65	28,45	2,44	3,40	25,40	1,40	7,37	0,17
106790	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	5,00	0,20	7,72	70,00	6,00	0,02	0,01	14,00	56,00	0,08	1,50	12,17	33,11	4,07	0,97	9,30	0,30	14,03	0,03
106809	ACQUA/Santa Laura	Maceió	8936629	203701	5,00	2,70	7,21	150,00	40,00	0,04	0,00	50,00	120,00	0,01	2,10	30,43	29,11	8,14	7,29	12,40	4,00	20,53	0,11
106813	Casa de Saúde Ulisses Pernambucano	Maceió	8934386	196182	5,00	0,90	6,36	219,00	10,00	0,00	0,00	24,00	175,00	0,01	5,58	65,98	28,45	4,07	3,40	38,30	1,60	6,53	0,06
106814	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	5,00	2,70	6,20	244,00	10,00	0,00	0,00	44,00	195,00	0,01	3,21	65,94	48,45	6,52	6,80	32,60	1,60	5,20	0,11
106795	Aldebaran Água Mineral	Maceió	8938498	199340	2,50	0,10	7,61	83,00	2,00	0,00	0,01	10,00	66,00	0,01	3,75	20,29	28,45	1,63	1,46	13,80	1,00	10,20	0,06

Quadro 8.1 – Resultados das análises físico-químicas da 1ª e 2ª campanha (continuação).

Laboratório	Número	Local	Município	Coordenadas UTM		Cor (Pt-Co/l)	Turbidez (NTU)	pH	CE			Alcalinidade (mg/l)			Dureza	S.T.D.	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	mg/l					
				N	E				µS/cm	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Hidrox.	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺						Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂	Fe	
106810	GRANGELO	Maceió	8940050	208064	5,00	2,60	7,12	170,00	4,00	0,003	0,002	20,00	136,00	0,01	1,32	46,10	32,16	3,24	3,70	26,80	1,20	4,52	0,07		
106811	Cristalvidro	Maceió	8937068	100231	5,00	2,00	7,20	60,00	4,00	0,004	0,003	20,00	48,00	0,01	6,02	10,14	68,45	4,07	2,43	12,60	1,00	8,56	0,09		
106788	Mc DONALDS	Maceió	8932914	203621	5,00	0,50	7,40	719,00	110,00	0,155	0,004	510,00	575,00	0,09	1,28	177,52	39,78	97,73	65,61	77,60	8,50	26,37	0,04		
106792	Posto Jacutinga	Maceió	8940550	199550	5,00	0,20	7,75	81,00	2,00	0,006	0,010	12,00	64,00	0,06	4,04	18,26	31,78	1,63	1,94	12,90	1,30	6,37	0,05		
106789	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	5,00	1,30	7,70	208,00	4,00	0,011	0,009	60,86	166,00	0,08	2,82	60,86	35,78	4,07	7,29	28,40	1,40	7,20	0,06		
106815	Hospital do Açúcar	Maceió	8935050	199390	5,00	5,40	7,26	178,00	4,00	0,004	0,003	30,00	142,00	0,01	2,16	52,75	29,78	4,07	4,86	26,30	1,20	9,03	0,08		
106816	Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	10,00	2,10	7,41	650,00	150,00	0,217	0,004	140,00	520,00	0,01	2,02	140,21	108,52	26,05	18,45	82,10	4,80	20,16	0,12		
106817	Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	5,00	1,20	7,83	73,00	4,00	0,015	0,012	10,00	58,00	0,01	2,10	15,22	31,56	1,63	1,46	12,80	0,90	2,16	0,10		
106818	Água da Vida Transportes	Maceió	8935348	201087	5,00	2,20	7,84	116,00	2,00	0,008	0,012	20,00	92,00	0,02	4,10	30,43	32,45	2,44	3,40	17,20	0,50	7,03	0,03		
106838	Conjunto Zé Dias - PT-03	Marechal Deodoro	8924126	181174	5,00	1,20	7,56	130,00	10,00	0,020	0,006	20,00	104,00	0,01	2,20	36,20	39,56	4,07	2,43	17,60	5,60	26,10	0,05		
106839	Povoado Malhado - PT-07	Marechal Deodoro	8918590	184260	5,00	0,90	7,52	140,00	8,00	0,015	0,006	16,00	112,00	0,01	1,36	31,20	32,41	3,26	1,94	22,10	2,30	9,10	0,04		
106841	Sítio Volta D'água	Marechal Deodoro	8927423	189549	10,00	7,60	7,23	135,00	10,00	0,010	0,003	14,00	108,00	0,01	0,96	29,10	30,45	3,26	1,46	24,60	1,60	5,58	0,62		
106840	Loteamento Laguna	Marechal Deodoro	8927075	208626	5,00	1,60	7,81	120,00	6,00	0,022	0,011	14,00	96,00	0,01	1,10	28,56	32,56	2,44	1,94	22,50	1,20	7,26	0,05		
106842	Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	20,00	8,60	7,26	116,00	6,00	0,006	0,003	14,00	92,00	0,01	0,74	31,10	33,89	2,44	1,94	15,20	1,30	9,52	0,26		
106843	Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	100,00	52,60	7,72	400,00	26,00	0,076	0,009	20,00	320,00	0,01	0,56	110,56	92,13	4,07	2,43	79,20	7,20	16,45	0,80		
106826	Loteamento Arquipélago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	5,00	8,40	7,71	122,00	10,00	0,029	0,009	24,00	97,00	0,01	3,16	30,43	31,11	4,07	3,40	16,70	5,50	5,03	0,16		
106825	Loteamento Alta Vista	Barra de São Miguel	8911932	181048	5,00	1,50	7,24	79,00	4,00	0,004	0,003	10,00	63,00	0,01	3,40	15,22	35,78	1,63	1,48	13,20	0,90	8,53	0,10		
106824	Povoado São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	20,00	53,70	6,98	151,00	12,00	0,006	0,002	24,00	120,00	0,01	3,94	40,58	29,78	4,07	3,40	22,70	1,60	11,37	0,29		
106827	Posto Rosa Maria-Tabuba	Barra de Sto. Antonio	8955895	222721	5,00	0,30	6,08	175,00	10,00	0,001	0,000	16,00	140,00	0,01	2,10	42,63	36,10	2,44	2,43	28,60	0,50	72,10	0,09		
106830	Santa Luzia 04	Barra de Sto. Antonio	8956104	223242	5,00	0,20	6,25	117,00	2,00	0,000	0,000	20,00	93,00	0,01	1,17	32,46	28,45	4,07	2,43	17,20	0,70	7,70	0,09		
106829	Santa Luzia 03	Barra de Sto. Antonio	8956084	222926	5,00	0,20	7,73	119,00	10,00	0,030	0,009	24,00	95,00	0,01	2,42	30,43	28,45	4,07	3,40	15,20	2,00	12,20	0,08		
106828	Condomínio Bosque Rio Mar	Barra de Sto. Antonio	8957658	224156	5,00	0,20	7,70	115,00	6,00	0,017	0,009	20,00	92,00	0,01	2,35	30,43	39,78	3,26	2,92	16,30	1,60	12,20	0,08		
106831	Loteamento Rume Farias - PT-05	Barra de Sto. Antonio	8959494	224399	5,00	0,20	7,47	85,00	4,00	0,007	0,005	14,00	68,00	0,01	1,09	20,29	28,45	2,69	1,80	12,70	0,40	7,70	0,19		
106832	Loteamento Rume Farias - PT-06	Barra de Sto. Antonio	8959400	224344	5,00	0,20	7,29	113,00	4,00	0,004	0,003	12,00	90,00	0,01	2,63	30,43	28,45	1,63	1,94	19,90	0,90	4,87	0,10		
106833	Reservatório CASAL - Centro da Cidade	Coqueiro Seco	8933026	192290	5,00	1,30	7,06	144,00	6,00	0,004	0,002	30,00	115,00	0,01	6,57	40,58	28,45	4,89	4,37	18,10	1,80	10,53	0,12		
106834	Brasília Nova	Coqueiro Seco	8933016	192096	5,00	0,20	7,14	79,00	4,00	0,003	0,002	20,00	63,00	0,01	3,55	18,26	28,45	1,63	3,89	8,70	0,30	6,37	0,04		
106835	Posto Flecha	Messias	8958705	188171	5,00	0,60	6,02	140,00	8,00	0,000	0,000	16,00	110,00	0,01	2,10	35,50	39,78	2,44	2,43	24,60	1,60	7,20	0,09		
106837	Posto Pichilau	Messias	8958616	188124	5,00	0,20	5,69	110,00	6,00	0,000	0,000	20,00	63,00	0,01	2,49	20,29	41,11	3,26	2,92	19,20	1,80	7,16	0,11		
106836	SUB-ESTAÇÃO da CHESF - BR 101	Messias	8959162	188047	5,00	0,70	6,89	80,00	4,00	0,002	0,001	12,00	62,00	0,01	2,56	15,22	28,45	2,44	1,46	16,50	1,30	7,52	0,07		
106851	Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	10,00	1,30	7,31	349,00	30,00	0,034	0,003	70,00	279,00	0,05	2,33	103,47	31,78	17,92	6,32	44,60	5,10	5,03	0,14		
106852	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952884	219129	5,00	0,20	5,49	113,00	4,00	0,000	0,000	16,00	90,00	0,01	2,48	30,43	28,45	2,44	2,43	18,30	0,50	7,70	0,12		
106853	Loteamento Porto Belo	Paripueira	8952248	219008	5,00	0,30	5,56	130,00	10,00	0,000	0,000	24,00	104,00	0,01	2,10	28,56	41,11	4,07	3,40	16,20	1,30	10,26	0,11		
106854	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952758	219533	5,00	0,20	5,66	107,00	4,00	0,000	0,000	14,00	85,00	0,01	2,89	28,40	28,45	2,44	1,94	17,80	0,70	8,20	0,13		
106855	Condomínio Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	5,00	2,60	6,17	247,00	20,00	0,002	0,000	40,00	197,00	0,01	1,00	71,01	31,11	8,14	4,86	37,00	1,90	8,37	0,24		
106819	Canavialis	Paripueira	8949588	212783	5,00	0,80	7,15	121,00	6,00	0,005	0,002	12,00	96,00	0,01	4,12	32,46	39,78	2,44	1,46	20,40	3,20	8,37	0,11		
106856	Loteamento Manguaba-Garagem Mun.	Pilar	8938433	175907	5,00	0,20	7,64	99,00	4,00	0,010	0,007	12,00	79,00	0,01	6,63	25,36	28,45	1,63	1,94	16,70	0,90	7,37	0,06		
106857	Escola Presidente Medici	Pilar	8940965	174200	5,00	0,20	7,56	68,00	2,00	0,004	0,006	10,00	54,00	0,01	1,54	15,22	28,45	1,63	1,46	10,80	0,40	3,53	0,11		
106858	Loteamento Edite França	Pilar	8938067	174414	5,00	0,20	7,37	113,00	4,00	0,005	0,004	14,00	90,00	0,01	5,95	30,43	28,45	1,63	2,43	18,00	2,60	7,70	0,13		
106859	Loteamento Frei Damiao	Pilar	8938697	174741	5,00	0,20	7,46	102,00	4,00	0,006	0,005	10,00	81,00	0,01	4,79	26,37	0,20	1,63	1,46	18,40	0,70	8,87	0,15		
106845	Residencial Chacara São Bento	Rio Largo	8946682	191962	5,00	0,60	7,65	82,00	10,00	0,025	0,008	20,00	65,00	0,01	4,66	17,24	28,45	4,07	2,43	9,20	0,60	6,20	0,13		
106846	OAS	Rio Largo	8948613	191244	5,00	0,20	7,00	198,00	30,00	0,017	0,002	18,00	158,00	0,01	3,79	50,72	29,78	5,07	0,97	36,90	0,40	6,03	0,08		
106847	Aeroporto Zumbi 02	Rio Largo	8947100	193308	5,00	0,10	6,08	58,00	6,00	0,000	0,000	10,00	46,00	0,01	3,43	10,14	28,45	2,44	0,97	8,40	0,50	5,03	0,09		
106848	Aeroporto 01	Rio Largo	8947360	192327	5,00	0,10	6,19	62,00	4,00	0,000	0,000	10,00	49,00	0,01	2,90	12,17	28,45	1,63	1,46	9,40	0,30	4,37	0,11		
106849	UTE Rio Largo	Rio Largo	8947794	188809	5,00	2,30	6,44	210,00	12,00	0,002	0,000	20,00	168,00	0,01	1,26	45,56	45,11	4,07	2,43	32,50	4,20	36,52	0,05		
106850	Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	10,00	0,80	7,85	125,00	16,00	0,063	0,012	24,00	100,00	0,01	3,50	30,43	28,45	4,07	3,40	17,00	1,10	23,87	0,18		
106860	Quilombo	Sta.Luzia do Norte	8936526	190505	5,00	0,20	7,34	289,00	120,00	0,147	0,004	180,00	231,00	0,01	5,09	50,72	30,45	36,65	21,87	19,90	4,70	56,70	0,08		
106863	Posto Ecologico	Sta.Luzia do Norte	8938102	190241	5,00	0,70	7,21	375,00	132,00	0,119	0,003	180,00	300,00	0,01	3,26	62,89	45,61	36,65	21,87	26,30	6,20	54,23	0,12		
106861	Guardiano	Sta.Luzia do Norte	8938742	189918	5,00	0,20	7,97	174,00	36,00	0,187	0,016	30,00	139,00	0,01	3,89	40,58	29,11	8,14	2,43	23,50	4,60	73,03	0,10		
106862	Mutrão	Sta.Luzia do Norte	8937832	188952	5,00	0,80	7,52	323,00	190,00	0,353	0,006	160,00	258,00	0,01	1,56	30,43	47,78	28,50	21,87	25,20	5,20	93,37	0,10		
106844	Faz. Primavera	Satuba	8938857	184565	5,00	0,20	6,37	92,00	6,00	0,000	0,000	20,00	73,00	0,01											

8.1.2 Caracterização Hidroquímica

O estudo hidroquímico teve como objetivo investigar as características físico-químicas das águas subterrâneas presentes nas principais unidades geológicas, identificando e quantificando as principais propriedades e constituintes químicos, com vistas à classificação e diferenciação química entre os aquíferos.

A água é um solvente quimicamente muito ativo capaz de reagir com o meio aquífero incorporando substâncias orgânicas e inorgânicas. Desta forma, os principais constituintes presentes nas águas subterrâneas resultam de processos físicos e químicos de intemperismo de rochas.

Assim a água subterrânea tende a aumentar as suas concentrações de substâncias dissolvidas à medida que se mover lentamente nos diferentes aquíferos, ou seja, a fonte principal dos íons solúveis seria a partir dos processos de alteração mineral por meio de reações de hidratação/hidrólise, dissolução, precipitação, oxi-redução e complexação dos minerais que compõem as rochas.

No entanto vários outros fatores interferem, tais como clima, composição da água de recarga, tempo de contato com a água, meio físico, além de contaminações causadas pelo homem.

A composição física e química das águas subterrâneas também irá refletir a mobilidade e solubilidade dos elementos envolvidos no processo de intemperismo. Os cátions Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} são móveis e tendem a ser liberados facilmente por intemperismo; K^+ é intermediário; Al^{3+} e Fe^{3+} apresentam menor mobilidade e tendem a permanecer na rocha e/ou solo. Desta forma, os plagioclásios podem constituir fontes de Na^+ e Ca^{2+} para a água subterrânea, enquanto que biotita e feldspato potássico podem ser fontes de Mg^{2+} e K^+ .

Os sais mais importantes, em contato com as águas naturais são:

- CaCO_3 (carbonato de cálcio)
- $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (dolomita)
- MgCO_3 (magnesita)
- NaCl (halita)
- CaSO_4 (sulfato de cálcio)
- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gipsita)

Portanto, os íons predominantes nas águas subterrâneas são: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- , SO_4^- e HCO_3^- .

Em face da ausência dos íons HCO_3^- (bicarbonato) e CO_3^{2-} (carbonato) dentre os resultados das análises físico-químicas obtidas na 1ª e 2ª etapa de pesquisa, foi realizado o cálculo desses íons para a complementação das análises incompletas.

Para o cálculo destes íons foram utilizadas as fórmulas de Logan (1965), baseadas na alcalinidade total e no pH como segue:

a) para o Bicarbonato

$$\text{HCO}_3^- = \frac{(\text{Alcalinidade total}/50) + 10^{3-\text{pH}} - 10^{\text{pH}-11}}{1 + (9,38 \times 10^{\text{pH}-11})} \quad [\text{meq/L}] \quad (8.1)$$

b) para o Carbonato

$$\text{CO}_3^{2-} = (\text{HCO}_3^-) \times 9,38 \times 10^{\text{pH}-11} \quad [\text{meq/L}] \quad (8.2)$$

Onde o bicarbonato, carbonato e a alcalinidade total são expressos em meq/l e depois, transformados em mg/l.

O cálculo do balanço iônico e do erro cometido Análise na análise, não foi realizado pela falta das determinações de bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}), em todas as análises.

No Quadro 8.2 estão apresentados os resultados dos cálculos do bicarbonato e do carbonato e os parâmetros químicos, expresso em miliequivalentes, das duas etapas de coleta, bem como, a citação dos respectivos aquíferos na 6ª coluna do Quadro.

Nos resultados das análises físico-químicas das águas dos poços amostrados não apresentaram na sua grande maioria alterações significativas entre a 1ª e 2ª etapa de amostragem, uma vez que, da mesma forma como ocorreu em relação à medição dos níveis potenciométricos, o intervalo de tempo foi muito curto, não oferecendo condições para que se processassem alterações substanciais.

A exceção foi observada no poço “G. Barbosa – Serraria/Maceió”, onde os parâmetros físico-químicos sofreram um aumento significativo, provavelmente devido à contaminação antrópica em virtude da baixa profundidade do poço (20,0 metros) e problemas construtivos.

Os poços amostrados, tal como é característico na RMM, têm diferentes profundidades, captando águas de diferentes níveis aquíferos. A maioria das amostras obtidas corresponde por isso a uma mistura de águas subterrâneas de diferentes níveis, com diferentes características físico-químicas, o que dificulta a interpretação dos resultados analíticos e da caracterização hidroquímica.

Os resultados analíticos obtidos permitiram classificar a grande maioria das amostras como águas do tipo cloretada-sódica e sulfatada sódica, evidenciando, dentre outros aspectos, a influência da proximidade da linha de costa.

Em termos de adequabilidades, a maioria das amostras de águas subterrâneas avaliadas mostrou-se dentro do padrão de aceitação para o consumo humano em suas condições naturais. Alguns poucos poços, entretanto, apresentaram determinados parâmetros físicos e químicos inadequados ao consumo sem tratamento prévio, fato associado às características construtivas dessas captações ou mesmo nos seus respectivos desenvolvimentos.

No tocante a irrigação, as amostras evidenciaram águas com valores reduzidos de salinidade (79% nulo a baixo) e baixo risco de formação de teores nocivos de sódio (98% baixo) susceptível de troca, possibilitando a utilização das mesmas sem restrições aos diversos tipos de culturas.

A partir dos resultados obtidos das análises físico-químicas das águas subterrâneas foram realizados cálculos dos parâmetros estatísticos básicos do valor médio (média aritmética, média geométrica, moda, mediana), de medida de dispersão (amplitude total e desvio padrão), gráficos e mapas que subsidiassem a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas da RMM, cujos resultados dos parâmetros estatísticos estão apresentados nos Quadros 8.3, 8.4, 8.5 e 8.6.

Foi adotado o valor da moda como valor médio dos dados hidroquímicos, pois é o valor mais típico da distribuição, ou seja, o valor mais frequente dos dados hidroquímicos das águas subterrâneas da RMM. Na sua ausência foi adotada a mediana, pois é mais robusta do que a média aritmética e geométrica e não é tão influenciada pelos dados extremos (valores anômalos).

Analisando os Quadros 8.3 e 8.4 verifica-se a predominância dos ânions de cloretos e sulfatos e dos cátions de sódio e de magnésio.

O estudo estatístico básico revelou que nas águas subterrâneas da RMM, predominam as águas doces, cloretadas sódicas, brandas quanto à dureza com baixas concentrações de cloreto e sólidos totais cujos valores médios são de 30,43 mg/l e 99,50 mg/l, respectivamente.

Quadro 8.2 – Resultados das análises físico-químicas em miliequivalentes.

Dados de Localização					Determinações da 1ª Campanha																
Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Prof. (m)	pH	CE µS/cm	Dureza mg/l	S.T.D.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
			N	E																	
101684	ETA Cardoso - PBEB-08	Maceió	8934981	198492	Bar/Mar	117,00	5,06	277,00	30,00	221,00	0,12	0,48	2,12	0,04	0,01	2,43	0,05	0,00	0,83	0,03	0,00
101685	Benedito Bentes - PBEB-10	Maceió	8942321	200360	Bar/Mar	90,00	6,77	140,00	50,00	112,00	0,41	0,60	0,35	0,04	0,00	0,86	0,60	0,00	0,61	0,10	0,00
101686	Cely Loureiro - Cacheiro do Meirim	Maceió	8937180	198910	Bar/Mar	92,00	7,13	86,00	20,00	68,00	0,12	0,28	0,43	0,03	0,01	0,51	0,20	0,00	0,61	0,03	0,00
101687	Distrito Industrial - PT-05	Maceió	8941190	196400	Bar/Mar	116,00	5,56	74,00	12,00	89,00	0,08	0,16	0,49	0,01	0,00	0,43	0,12	0,00	0,61	0,03	0,00
101688	Eustáquio Gomes - PEGM-01	Maceió	8944204	193569	Bar/Mar	83,00	7,11	73,00	10,00	58,00	0,08	0,12	0,51	0,02	0,00	0,43	0,12	0,00	0,61	0,02	0,00
101689	Cidade Universitária (PCU 01)	Maceió	8943256	196546	Bar/Mar	150,00	6,55	70,00	14,00	56,00	0,08	0,20	0,40	0,02	0,00	0,43	0,08	0,00	0,59	0,01	0,00
101690	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	Bar/Mar	133,00	5,43	126,00	20,00	100,00	0,12	0,28	0,84	0,02	0,00	1,00	0,04	0,00	0,61	0,09	0,00
101691	Murilópolis - PMUR -01	Maceió	8936080	200440	Bar/Mar	169,00	5,22	107,00	20,00	85,00	0,12	0,28	0,65	0,02	0,00	0,80	0,05	0,00	0,62	0,03	0,00
101692	Salvador Lira - PSL-03	Maceió	8941716	198419	Bar/Mar	121,00	5,65	119,00	20,00	95,00	0,12	0,28	0,77	0,02	0,01	0,86	0,08	0,00	0,69	0,06	0,00
101693	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	Bar/Mar	104,00	5,74	126,00	20,00	100,00	0,08	0,32	0,84	0,02	0,00	1,00	0,04	0,00	0,61	0,08	0,00
101694	Praça Antônio Carlos Magalhães	Maceió	8934601	201129	Bar/Mar	203,00	5,71	368,00	20,00	294,00	0,08	0,32	3,27	0,02	0,00	3,43	0,04	0,00	0,59	0,09	0,00
101695	Dubeaux Leão - PJD-02	Maceió	8941208	198275	Barreiras		5,80	111,00	30,00	88,00	0,20	0,40	0,47	0,03	0,01	0,86	0,04	0,00	0,59	0,11	0,00
101696	Samamabia - PS-02	Maceió	8936316	201687	Bar/Mar	93,00	5,71	117,00	20,00	93,00	0,12	0,28	0,75	0,02	0,00	0,86	0,16	0,00	0,59	0,04	0,00
101697	Carajás - PCC-02	Maceió	8937547	201249	Barreiras		5,51	125,00	20,00	100,00	0,20	0,20	0,83	0,02	0,01	1,00	0,04	0,00	0,59	0,04	0,00
101698	José Tenório - PJTL-01	Maceió	8937479	201361	Barreiras		5,24	111,00	24,00	88,00	0,16	0,32	0,60	0,02	0,00	0,86	0,05	0,00	0,59	0,05	0,00
101699	José Tenório - PJTL-05	Maceió	8937419	201347	Barreiras		5,34	117,00	20,00	93,00	0,12	0,28	0,74	0,02	0,00	0,92	0,04	0,00	0,59	0,04	0,00
101700	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	Bar/Mar	107,00	5,39	145,00	24,00	116,00	0,16	0,32	0,94	0,02	0,00	1,14	0,04	0,00	0,68	0,05	0,00
101701	Ouro Preto (POP 02)	Maceió	8936387	200315	Bar/Mar	120,00	5,28	97,00	24,00	77,00	0,20	0,28	0,47	0,02	0,01	0,72	0,05	0,00	0,59	0,06	0,00
101702	Benedito Bentes - PBEB-01	Maceió	8942740	199250	Bar/Mar	73,00	5,84	172,00	14,00	137,00	0,12	0,16	1,42	0,02	0,01	1,43	0,08	0,00	0,59	0,06	0,00
101703	João Sampaio - PCJS-02	Maceió	8937064	196888	Bar/Mar	110,00	5,77	105,00	20,00	84,00	0,12	0,28	0,62	0,03	0,00	0,77	0,08	0,00	0,61	0,03	0,00
101704	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	Bar/Mar	100,00	5,26	97,00	16,00	77,00	0,08	0,24	0,62	0,03	0,00	0,72	0,05	0,00	0,59	0,11	0,00
101705	Santa Lúcia - PLSL 05	Maceió	8940898	197858	Barreiras		5,73	136,00	20,00	108,00	0,08	0,32	0,94	0,02	0,01	1,09	0,08	0,00	0,59	0,07	0,00
101706	Colina Dos Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	Barreiras		5,67	85,00	20,00	68,00	0,12	0,28	0,39	0,05	0,00	0,57	0,08	0,00	0,59	0,11	0,00
101707	Henrique Equelman -PHE-01	Maceió	8940902	199203	Barreiras		6,25	91,00	26,00	72,00	0,20	0,32	0,37	0,02	0,00	0,57	0,20	0,00	0,59	0,07	0,00
101708	Clima Bom - PCB-06	Maceió	8940669	193690	Barreiras		5,79	87,00	18,00	69,00	0,12	0,24	0,48	0,02	0,00	0,57	0,12	0,00	0,83	0,06	0,00
101709	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	Barreiras		5,91	144,00	34,00	115,00	0,20	0,48	0,69	0,06	0,00	1,14	0,12	0,00	0,59	0,10	0,00
101710	Monte Alegre - Pma-03	Maceió	8936618	198483	Bar/Mar	192,00	5,36	85,00	16,00	68,00	0,08	0,24	0,50	0,02	0,00	0,57	0,08	0,00	0,59	0,06	0,00
101711	Bebedouro - PBEB-04	Maceió	8935523	198423	Bar/Mar	150,00	5,86	207,00	20,00	165,00	0,13	0,27	1,64	0,02	0,01	1,77	0,12	0,00	0,59	0,03	0,00
103207	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Maceió	8938185	206068	Barreiras	84,00	4,80	173,00	16,00	138,00	0,12	0,20	1,39	0,02	0,01	1,14	0,06	0,00	0,91	0,05	0,00
103187	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	Bar/Mar	140,00	4,83	177,00	30,00	141,00	0,20	0,38	1,10	0,06	0,00	1,29	0,09	0,00	0,94	0,13	0,00
102691	Colégio Santa Ursula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	174,00	7,03	1420,00	550,00	1136,00	5,69	5,40	2,73	0,32	0,01	7,87	2,00	0,00	9,07	0,02	0,00
102698	Blumare Veiculos	Maceió	8931838	201367	Barreiras	86,00	7,73	211,00	60,00	168,00	0,57	0,64	0,80	0,10	0,01	0,86	0,12	0,00	2,17	0,01	0,00
103206	G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	Barreiras	20,00	6,04	153,00	12,00	122,00	0,08	0,16	1,24	0,05	0,00	2,43	0,08	0,00	0,77	0,07	0,00
103191	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	Bar/Mar	59,00	5,29	263,00	36,00	210,00	0,28	0,44	1,86	0,04	0,00	2,15	0,13	0,00	0,83	0,11	0,00
103190	Instituto Da Visão	Maceió	8931872	200397	Barreiras	80,00	4,74	257,00	40,00	205,00	0,20	0,60	1,72	0,04	0,00	2,12	0,06	0,00	0,93	0,12	0,00
102687	Troia	Maceió	8941163	196573	Bar/Mar	100,00	8,02	53,00	12,00	42,00	0,12	0,12	0,28	0,01	0,00	0,17	0,12	0,00	0,70	0,02	0,00
103205	Cj. Dom Adelmo Machado	Maceió	8933552	203252	Barreiras		6,46	341,00	84,00	272,00	1,02	0,68	1,50	0,21	0,00	0,72	0,80	0,00	1,18	0,07	0,00
103186	Polícia Rodoviária Federal	Maceió	8941364	195128	Barreiras	52,00	5,22	114,00	10,00	91,00	0,08	0,12	0,89	0,05	0,00	0,63	0,09	0,00	0,98	0,04	0,00
103188	Chacara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	Bar/Mar	120,00	5,11	106,00	10,00	84,00	0,08	0,12	0,84	0,02	0,00	0,57	0,13	0,00	0,91	0,08	0,00
102693	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar	100,00	7,75	64,00	20,00	51,00	0,20	0,20	0,54	0,03	0,00	0,29	0,08	0,00	0,73	0,04	0,00
102699	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar		7,65	82,00	20,00	65,00	0,20	0,20	0,85	0,04	0,00	0,29	0,56	0,00	0,63	0,13	0,00
102690	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	Barreiras		4,37	588,00	120,00	470,00	1,42	1,00	2,58	0,84	0,00	1,72	0,08	0,00	7,09	0,36	0,00
103192	SEMARN	Maceió	8935249	204139	Barreiras		4,38	303,00	80,00	242,00	0,49	1,12	1,32	0,09	0,01	2,57	0,16	0,00	0,87	0,21	0,00
102696	IGAL	Maceió	8934078	202740			7,70	210,00	70,00	168,00	0,65	0,76	0,59	0,09	0,00	1,00	0,60	0,00	1,54	0,06	0,00
102685	Transpotável	Maceió	8934362	202236			7,62	135,00	40,00	108,00	0,24	0,56	0,46	0,09	0,00	0,57	0,08	0,00	1,43	0,07	0,00
102692	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	Bar/Mar	116,00	7,87	54,00	12,00	43,00	0,20	0,04	0,28	0,03	0,00	0,17	0,16	0,00	0,69	0,02	0,00
103204	ACQUA/Santa Laura	Maceió	8936629	203701	Barreiras		6,51	138,00	36,00	110,00	0,41	0,32	0,55	0,11	0,00	0,40	0,60	0,00	0,81	0,01	0,00
103305	Casa de Saúde Ulisses Pernambuco	Maceió	8934386	196182			6,36	219,00	24,00	175,00	0,20	0,28	1,67	0,04	0,00	1,86	0,20	0,00	0,59	0,09	0,00
103303	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	Barreiras	62,00	5,74	248,00	30,00	198,00	0,16	0,44	1,84	0,04	0,00	2,15	0,08	0,00	0,70	0,10	0,00
102695	Aldebaran Agua Mineral	Maceió	8938498	199340			7,83	53,00	16,00	42,00	0,12	0,20	0,38	0,03	0,00	0,23	0,08	0,00	0,63	0,05	0,00

Quadro 8.2 – Resultados das análises físico-químicas em miliequivalentes (continuação).

Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Prof. (m)	pH	CE	Dureza	S.T.D.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe	Cl ⁻	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	NO ₃	NO ₂
			μS/cm	mg/l				mg/l	meq/l												
			N	E																	
102697	GRANGELO	Maceió	8940050	208064	Barreiras	30,00	7,83	90,00	20,00	72,00	0,12	0,28	0,47	0,03	0,00	0,29	0,08	0,00	1,16	0,05	0,00
102684	Cristalvídrio	Maceió	8937068	100231	Barreiras		7,84	60,00	20,00	48,00	0,20	0,20	0,51	0,03	0,00	0,29	0,08	0,00	1,43	0,09	0,00
102686	Mc DONALDS	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	154,00	7,85	1697,00	540,00	1357,00	4,88	6,00	5,75	0,27	0,00	7,72	2,27	0,01	13,28	0,02	0,00
102694	Posto Jacutinga	Maceió	8940550	199550	Bar/Mar	64,00	7,86	53,00	16,00	42,00	0,16	0,16	0,40	0,01	0,00	0,23	0,08	0,00	0,63	0,07	0,00
102689	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	Barreiras	80,00	7,87	68,00	24,00	54,00	0,24	0,24	0,59	0,04	0,00	0,34	0,08	0,00	0,69	0,13	0,00
103304	Hospital do Açúcar	Maceió	8935050	199390	Bar/Mar	111,00	7,88	178,00	30,00	142,00	0,20	0,40	1,14	0,03	0,00	1,49	0,08	0,00	0,62	0,03	0,00
103306	Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	Bar/Mar	194,00	7,89	1079,00	130,00	863,00	1,22	1,40	8,06	0,12	0,00	9,15	2,79	0,01	0,79	0,03	0,00
103302	Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	Barreiras		7,90	89,00	10,00	71,00	0,12	0,08	0,68	0,01	0,00	0,43	0,20	0,00	0,80	0,04	0,00
103307	Água da Vida Transportes	Maceió	8935348	201087	Barreiras	104,00	7,91	110,00	10,00	88,00	0,08	0,12	0,94	0,02	0,00	0,71	0,08	0,00	0,59	0,07	0,00
101712	Conjunto Zé Dias - PT-03	Marechal Deodoro	8924126	181174	Barreiras	72,00	7,92	132,00	20,00	105,00	0,20	0,20	0,77	0,15	0,00	0,97	0,20	0,00	0,83	0,04	0,00
101713	Povoado Malhado - PT-07	Marechal Deodoro	8918590	184260			7,93	136,00	16,00	108,00	0,16	0,16	0,97	0,07	0,00	1,00	0,16	0,00	0,68	0,02	0,00
101714	Sítio Volta D'água	Marechal Deodoro	8927423	189549	Barreiras	84,00	7,94	118,00	14,00	94,00	0,12	0,16	0,97	0,02	0,00	0,86	0,12	0,00	0,63	0,02	0,00
101715	Loteamento Laguna	Marechal Deodoro	8927075	208626	Barreiras	90,00	7,95	136,00	14,00	108,00	0,16	0,12	1,06	0,02	0,05	1,00	0,20	0,00	0,63	0,01	0,00
101716	Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	Bar./Coq.	191,00	7,96	115,00	14,00	92,00	0,12	0,16	0,86	0,02	0,01	0,80	0,12	0,00	0,69	0,01	0,00
101717	Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	Barreiras		7,97	399,00	20,00	319,00	0,20	0,20	3,43	0,16	0,03	2,86	0,52	0,00	1,65	0,01	0,00
101718	Loteamento Arquipelago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	Barreiras	36,00	7,98	156,00	20,00	124,00	0,20	0,20	1,14	0,03	0,13	1,00	0,32	0,00	0,87	1,02	0,00
101719	Loteamento Alta Vista	Barra de São Miguel	8911932	181048	Barreiras	110,00	7,99	89,00	10,00	71,00	0,08	0,12	0,68	0,02	0,00	0,57	0,12	0,00	0,63	0,01	0,00
101720	Povoado São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	Barreiras	60,00	7,10	120,00	10,00	96,00	0,08	0,12	0,98	0,02	0,01	0,77	0,12	0,00	0,81	0,01	0,00
103198	Posto Rosa Maria-Tabuba	Barra de Sto. Antonio	8955895	222721	Barreiras	27,00	7,10	175,00	16,00	140,00	0,12	0,20	1,41	0,01	0,00	1,29	0,20	0,00	0,80	0,03	0,00
103199	Santa Luzia 04	Barra de Sto. Antonio	8956104	223242	Barreiras	22,00	7,10	171,00	24,00	136,00	0,20	0,28	1,17	0,06	0,00	1,29	0,09	0,00	0,80	0,20	0,00
103200	Santa Luzia 03	Barra de Sto. Antonio	8956084	222926	Barreiras	27,00	7,10	144,00	28,00	115,00	0,24	0,32	0,84	0,03	0,00	1,32	0,24	0,00	0,79	0,02	0,00
103201	Condomínio Bosque Rio Mar	Barra de Sto. Antonio	8957658	224156	Barreiras	56,00	7,10	164,00	20,00	131,00	0,20	0,20	1,19	0,05	0,00	0,97	0,20	0,00	0,87	0,01	0,00
103202	Loteamento Rume Farias - PT-05	Barra de Sto. Antonio	8959494	224399	Barreiras	36,00	7,11	113,00	10,00	90,00	0,08	0,12	0,91	0,02	0,00	1,14	0,12	0,00	0,79	0,02	0,00
103203	Loteamento Rume Farias - PT-06	Barra de Sto. Antonio	8959400	224344	Barreiras	40,00	7,11	76,00	12,00	60,00	0,08	0,16	0,51	0,02	0,00	0,72	0,05	0,00	0,77	0,03	0,00
103170	Reservatório CASAL - Centro	Coqueiro Seco	8933026	192290	Barreiras		7,11	149,00	20,00	119,00	0,30	0,20	1,02	0,07	0,00	1,00	0,13	0,00	0,91	0,03	0,00
103171	Brasília Nova	Coqueiro Seco	8933016	192096	Bar./Maceió	84,00	7,11	97,00	14,00	77,00	0,20	0,20	0,67	0,02	0,00	0,51	0,09	0,00	0,90	0,02	0,00
103167	Posto Flecha	Messias	8958705	188171	Barreiras	49,00	7,11	141,00	16,00	112,00	0,12	0,20	1,05	0,04	0,00	1,00	0,16	0,00	0,83	0,05	0,00
103168	Posto Pichilau	Messias	8958616	188124	Barreiras	53,00	7,11	86,00	12,00	68,00	0,12	0,12	0,60	0,02	0,00	0,43	0,08	0,00	0,86	0,03	0,00
103169	SUB-ESTAÇÃO CHESF-BR 101	Messias	8959162	188047	Barreiras	49,00	7,11	102,00	20,00	81,00	0,16	0,24	0,60	0,02	0,00	0,57	0,12	0,00	0,86	0,04	0,00
103193	Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	Barreiras	35,00	7,11	259,00	50,00	207,00	0,73	0,28	1,44	0,14	0,01	1,43	0,96	0,00	1,36	0,02	0,00
103194	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952884	219129		120,00	7,11	122,00	20,00	97,00	0,20	0,20	0,80	0,03	0,01	0,74	0,16	0,00	0,87	0,04	0,00
103195	Loteamento Porto Belo	Paripueira	8952248	219008	Sed. de	32,00	7,11	135,00	24,00	108,00	0,20	0,28	0,83	0,04	0,00	0,86	0,20	0,00	0,86	0,04	0,00
103196	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952758	219533	Barreiras	92,00	7,12	115,00	20,00	92,00	0,20	0,20	0,74	0,02	0,01	0,69	0,20	0,00	0,81	0,02	0,00
103197	Condomínio Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	Barreiras	28,00	7,12	273,00	44,00	218,00	0,41	0,48	1,77	0,06	0,01	2,00	0,60	0,00	0,91	0,02	0,00
102688	Canavialis	Paripueira	8949588	212783	Barreiras		7,12	54,00	14,00	43,00	0,20	0,08	0,31	0,01	0,00	0,20	0,08	0,00	0,70	0,01	0,00
103182	Loteamento Manguaba	Pilar	8938433	175907	Bar./Poçoão	90,00	7,12	116,00	12,00	92,00	0,12	0,12	0,89	0,02	0,01	0,63	0,12	0,00	0,98	0,11	0,00
103183	Escola Presidente Medici	Pilar	8940965	174200	Bar./Poçoão	75,00	7,12	99,00	10,00	79,00	0,12	0,08	0,77	0,01	0,01	0,43	0,20	0,00	0,97	0,03	0,00
103184	Loteamento Edite França	Pilar	8938067	174414			7,12	94,00	10,00	75,00	0,12	0,08	0,72	0,02	0,00	0,43	0,08	0,00	0,98	0,03	0,00
103185	Loteamento Frei Damiao	Pilar	8938697	174741	Bar./Poçoão	89,00	7,12	121,00	10,00	120,00	0,08	0,12	0,99	0,02	0,00	0,71	0,08	0,00	0,59	0,09	0,00
103176	Residencial Chacara São Bento	Rio Largo	8946682	191962	Barreiras	74,00	7,12	102,00	30,00	81,00	0,41	0,20	0,38	0,03	0,00	0,29	0,56	0,00	0,95	0,06	0,00
103177	OAS	Rio Largo	8948613	191244	Barreiras	74,00	7,12	115,00	20,00	92,00	0,12	0,28	0,69	0,06	0,00	0,57	0,20	0,00	0,99	0,02	0,00
103178	Aeroporto Zumbi 02	Rio Largo	8947100	193308	Bar./Poçoão	100,00	7,12	95,00	12,00	76,00	0,16	0,08	0,69	0,02	0,00	0,34	0,24	0,00	0,91	0,03	0,00
103179	Aeroporto 01	Rio Largo	8947360	192327	Bar./Poçoão	100,00	6,47	90,00	10,00	72,00	0,08	0,12	0,68	0,03	0,00	0,43	0,08	0,00	0,93	0,03	0,00
103180	UTE Rio Largo	Rio Largo	8947794	188809	Barreiras	32,50	6,44	212,00	20,00	169,00	0,20	0,20	1,60	0,12	0,00	1,52	0,28	0,00	0,98	0,03	0,00
103181	Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	Barreiras	28,70	6,54	172,00	20,00	137,00	0,20	0,20	1,27	0,04	0,01	0,86	0,40	0,00	1,30	0,03	0,00
103172	Quiombo	Sta.Luzia do Norte	8936526	190505			7,73	375,00	180,00	300,00	1,83	1,80	1,10	0,21	0,00	1,77	2,63	0,01	1,04	0,06	0,00
103173	Posto Ecologico	Sta.Luzia do Norte	8938102	190241			7,38	201,00	24,00	160,00	0,16	0,32	1,34	0,19	0,00	1,23	0,60	0,00	1,01	0,03	0,00
103174	Guardiano	Sta.Luzia do Norte	8938742	189918			7,3	214,00	30,00	171,00	0,20	0,40	1,40	0,13	0,00	1,29	0,80	0,00	0,95	0,04	0,00
103175	Mutirão	Sta.Luzia do Norte	8937832	188952	Bar./Maceió	80,00	7,4	323,00	160,00	258,00	1,42	1,80	1,10	0,16	0,03	0,86	3,79	0,01	0,99	0,02	0,00
103189	Faz. Primavera	Satuba	8938857	184565			5,14	118,00	14,00	94,00	0,12	0,16	0,88	0,02	0,00	0,72	0,09	0,00	0,91	0,07	0,00

Quadro 8.2 – Resultados das análises físico-químicas em miliequivalentes (continuação).

Dados de Localização						Determinações da 2ª Campanha															
Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Prof. (m)	pH	CE µS/cm	Dureza mg/l	S.T.D.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
			N	E																	
101684	ETA Cardoso - PBEB-08	Maceió	8934981	198492	Bar/Mar	117,00	7,35	337,00	24,00	269,00	0,20	0,28	2,86	0,05	0,01	3,00	0,04	0,00	0,79	0,06	0,00
101685	Benedito Bentes - PBEB-10	Maceió	8942321	200360	Bar/Mar	90,00	7,33	125,00	20,00	100,00	0,20	0,20	0,82	0,03	0,00	0,34	0,20	0,00	0,69	0,06	0,00
101686	Cely Loureiro - Cacheiro do Meirim	Maceió	8937180	198910	Bar/Mar	92,00	7,66	74,00	40,00	59,00	0,41	0,40	0,27	0,02	0,00	0,92	0,04	0,00	0,69	0,04	0,00
101687	Distrito Industrial - PT-05	Maceió	8941190	196400	Bar/Mar	116,00	7,57	90,00	30,00	72,00	0,20	0,40	0,28	0,01	0,00	0,47	0,12	0,00	0,74	0,03	0,00
101688	Eustáquio Gomes - PEGM-01	Maceió	8944204	193569	Bar/Mar	83,00	7,60	70,00	16,00	56,00	0,20	0,12	0,37	0,01	0,00	0,34	0,08	0,00	0,73	0,02	0,00
101689	Cidade Universitária (PCU 01)	Maceió	8943256	196546	Bar/Mar	150,00	7,56	81,00	16,00	64,00	0,20	0,12	0,48	0,01	0,00	0,43	0,16	0,00	1,43	0,01	0,00
101690	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	Bar/Mar	133,00	7,36	146,00	20,00	116,00	0,08	0,32	1,03	0,03	0,00	1,14	0,04	0,00	0,69	0,05	0,00
101691	Murilópolis - PMUR -01	Maceió	8936080	200440	Bar/Mar	169,00	7,55	116,00	24,00	92,00	0,20	0,28	0,65	0,23	0,00	0,80	0,08	0,00	0,73	0,03	0,00
101692	Salvador Lira - PSL-03	Maceió	8941716	198419	Bar/Mar	121,00	7,44	115,00	20,00	92,00	0,12	0,28	0,72	0,02	0,00	0,80	0,04	0,00	0,69	0,05	0,00
101693	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	Bar/Mar	104,00	7,45	119,00	16,00	95,00	0,12	0,20	0,83	0,04	0,00	0,86	0,08	0,00	0,69	0,07	0,00
101694	Praça Antônio Carlos Magalhães	Maceió	8934601	201129	Bar/Mar	203,00	7,42	151,00	20,00	120,00	0,28	0,12	1,09	0,02	0,00	1,00	0,40	0,00	0,72	0,06	0,00
101695	Dubeaux Leão - PJDL-02	Maceió	8941208	198275	Barreiras		7,43	174,00	20,00	139,00	0,20	0,20	1,33	0,02	0,00	1,43	0,12	0,00	0,69	0,04	0,00
101696	Samamabia - PS-02	Maceió	8936316	201687	Bar/Mar	93,00	7,54	115,00	20,00	92,00	0,33	0,08	0,73	0,02	0,00	0,80	0,08	0,00	0,72	0,08	0,00
101697	Carajás - PCC-02	Maceió	8937547	201249	Barreiras		7,61	123,00	20,00	98,00	0,20	0,20	0,82	0,02	0,00	0,52	0,12	0,00	0,69	0,03	0,00
101698	José Tenório - PJTL-01	Maceió	8937479	201361	Barreiras		7,37	132,00	20,00	105,00	0,20	0,20	0,90	0,02	0,00	1,00	0,04	0,00	0,70	0,03	0,00
101699	José Tenório - PJTL-05	Maceió	8937419	201347	Barreiras		7,43	132,00	30,00	105,00	0,41	0,20	0,66	0,05	0,00	0,86	0,12	0,00	0,87	0,08	0,00
101700	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	Bar/Mar	107,00	7,46	117,00	20,00	93,00	0,24	0,16	0,75	0,03	0,00	0,86	0,08	0,00	0,69	0,04	0,00
101701	Ouro Preto (POP 02)	Maceió	8936387	200315	Bar/Mar	120,00	7,32	152,00	30,00	121,00	0,20	0,40	0,88	0,03	0,01	1,20	0,04	0,00	0,70	0,07	0,00
101702	Benedito Bentes - PBEB-01	Maceió	8942740	199250	Bar/Mar	73,00	7,42	120,00	44,00	96,00	0,41	0,48	0,28	0,02	0,01	0,86	0,20	0,00	0,70	0,04	0,00
101703	João Sampaio - PCJS-02	Maceió	8937064	196888	Bar/Mar	110,00	7,46	160,00	24,00	128,00	0,41	0,08	1,09	0,03	0,00	1,29	0,04	0,00	0,69	0,04	0,00
101704	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	Bar/Mar	100,00	7,50	95,00	26,00	76,00	0,41	0,12	0,41	0,02	0,02	0,57	0,16	0,00	0,70	0,10	0,00
101705	Santa Lúcia - PLSL 05	Maceió	8940898	197858	Barreiras		7,06	127,00	30,00	101,00	0,45	0,16	0,63	0,04	0,00	0,86	0,08	0,00	0,83	0,08	0,00
101706	Colina Dos Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	Barreiras		6,62	90,00	20,00	72,00	0,12	0,28	0,30	0,03	0,00	0,57	0,08	0,00	0,70	0,10	0,00
101707	Henrique Equelman -PHE-01	Maceió	8940902	199203	Barreiras		7,45	133,00	30,00	106,00	0,49	0,12	0,67	0,06	0,00	0,86	0,20	0,00	0,83	0,08	0,00
101708	Clima Bom - PCB-06	Maceió	8940669	193690	Barreiras		7,39	95,00	40,00	76,00	0,24	0,56	0,27	0,03	0,01	0,57	0,20	0,00	0,80	0,04	0,00
101709	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	Barreiras		7,21	154,00	40,00	123,00	0,20	0,60	0,67	0,05	0,00	1,14	0,04	0,00	0,69	0,08	0,00
101710	Monte Alegre - Pma-03	Maceió	8936618	198483	Bar/Mar	192,00	7,44	112,00	20,00	89,00	0,20	0,20	0,70	0,02	0,00	0,57	0,52	0,00	0,69	0,03	0,00
101711	Bebedouro - PBEB-04	Maceió	8935523	198423	Bar/Mar	150,00	7,30	205,00	20,00	164,00	0,33	0,08	1,62	0,02	0,00	1,72	0,04	0,00	0,59	0,03	0,00
103207	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Maceió	8938185	206068	Barreiras	84,00	6,84	156,00	20,00	124,00	0,12	0,28	1,12	0,03	0,00	1,29	0,08	0,00	0,59	0,05	0,00
103187	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	Bar/Mar	140,00	7,46	145,00	30,00	116,00	0,20	0,40	0,79	0,05	0,00	1,14	0,04	0,00	0,68	0,10	0,00
102691	Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	174,00	7,82	1258,00	600,00	1006,00	5,69	6,39	0,27	0,26	0,18	10,87	1,99	0,01	1,40	0,03	0,00
102698	Blumare Veículos	Maceió	8931838	201367	Barreiras	86,00	7,31	206,00	60,00	164,00	0,61	0,60	0,77	0,08	0,00	1,72	0,20	0,00	0,62	0,03	0,00
103206	G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	Barreiras	20,00	7,40	1174,00	120,00	939,00	0,81	1,60	8,01	1,30	0,18	10,02	2,39	0,01	1,11	0,03	0,00
103191	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	Bar/Mar	59,00	6,32	187,00	30,00	149,00	0,12	0,48	1,23	0,04	0,00	1,57	0,12	0,00	0,59	0,16	0,00
103190	Instituto Da Visão	Maceió	8931872	200397	Barreiras	80,00	5,39	225,00	32,00	180,00	0,20	0,44	1,57	0,04	0,18	2,00	0,04	0,00	0,59	0,09	0,00
102687	Troia	Maceió	8941163	196573	Bar/Mar	100,00	5,23	85,00	20,29	68,00	0,08	0,12	0,62	0,03	0,18	0,57	0,09	0,00	0,59	0,04	0,00
103205	Cj. Dom Adelo Machado	Maceió	8933552	203252	Barreiras		7,37	301,00	100,00	240,00	1,02	1,00	0,78	0,21	0,01	2,29	0,72	0,00	0,81	0,04	0,00
103186	Polícia Rodoviária Federal	Maceió	8941364	195128	Barreiras	52,00	6,83	89,00	20,00	71,00	0,24	0,16	0,45	0,03	0,01	0,57	0,16	0,00	0,59	0,05	0,00
103188	Chacara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	Bar/Mar	120,00	6,31	99,00	20,00	79,00	0,08	0,32	0,56	0,03	0,00	0,72	0,08	0,00	0,59	0,07	0,00
102693	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar	100,00	7,38	230,00	20,00	184,00	0,20	0,20	1,87	0,02	0,00	2,00	0,08	0,00	0,63	0,09	0,00
102699	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar		7,24	115,00	24,00	92,00	0,20	0,28	0,64	0,02	0,00	0,86	0,04	0,00	0,66	0,13	0,00
102690	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	Barreiras		4,73	298,00	90,00	238,00	1,22	0,60	0,43	0,79	0,18	2,58	0,10	0,00	0,81	0,26	0,00
103192	SEMARN	Maceió	8935249	204139	Barreiras		5,35	261,00	60,00	208,00	0,41	0,80	1,31	0,08	0,00	2,35	0,04	0,00	0,59	0,26	0,00
102696	IGAL	Maceió	8934078	202740			7,21	210,00	74,00	168,00	0,81	0,68	0,66	0,07	0,00	1,70	0,60	0,00	0,59	0,06	0,00
102685	Transpotável	Maceió	8934362	202236			6,02	154,00	20,00	123,00	0,12	0,28	1,10	0,04	0,01	1,29	0,04	0,00	0,59	0,05	0,00
102692	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	Bar/Mar	116,00	7,72	70,00	14,00	56,00	0,20	0,08	0,40	0,01	0,00	0,34	0,12	0,00	0,69	0,02	0,00
103204	ACQUA/Santa Laura	Maceió	8936629	203701	Barreiras		7,21	150,00	50,00	120,00	0,41	0,60	0,54	0,10	0,00	0,86	0,80	0,00	0,61	0,03	0,00
103305	Casa de Saúde Ulisses Pernambuco	Maceió	8934386	196182			6,36	219,00	24,00	175,00	0,20	0,28	1,67	0,04	0,00	1,86	0,20	0,00	0,59	0,09	0,00
103303	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	Barreiras	62,00	6,20	244,00	44,00	195,00	0,33	0,56	1,42	0,04	0,00	1,86	0,20	0,00	1,01	0,05	0,00
102695	Aldebaran Água Mineral	Maceió	8938498	199340			7,61	83,00	10,00	66,00	0,08	0,12	0,60	0,03	0,00	0,57	0,04	0,00	0,59	0,06	0,00

Quadro 8.2 – Resultados das análises físico-químicas em miliequivalentes (continuação).

Dados de Localização				Determinações da 2ª Campanha																	
Numero Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Prof. (m)	pH	CE µS/cm	Dureza mg/l	S.T.D.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
			N	E																	
102697	GRANGELO	Maceió	8940050	208064	Barreiras	30,00	7,12	170,00	20,00	136,00	0,16	0,30	1,17	0,03	0,00	1,30	0,08	0,00	0,67	0,02	0,00
102684	Cristalvêdo	Maceió	8937068	100231	Barreiras		7,20	60,00	20,00	48,00	0,20	0,20	0,55	0,03	0,00	0,29	0,08	0,00	1,43	0,10	0,00
102686	Mc DONALDS	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	154,00	7,40	719,00	510,00	575,00	4,88	5,40	3,38	0,22	0,00	5,01	2,19	0,01	0,83	0,02	0,00
102694	Posto Jacutinga	Maceió	8940550	199550	Bar/Mar	64,00	7,75	81,00	12,00	64,00	0,08	0,16	0,56	0,03	0,00	0,52	0,04	0,00	0,66	0,07	0,00
102689	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	Barreiras	80,00	7,70	208,00	60,86	166,00	0,20	0,60	1,24	0,04	0,00	1,72	0,08	0,00	0,74	0,05	0,00
103304	Hospital do Açúcar	Maceió	8935050	199390	Bar/Mar	111,00	7,26	178,00	30,00	142,00	0,20	0,40	1,14	0,03	0,00	1,49	0,08	0,00	0,62	0,03	0,00
103306	Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	Bar/Mar	194,00	7,41	650,00	140,00	520,00	1,30	1,52	3,57	0,12	0,00	3,96	2,99	0,01	2,26	0,03	0,00
103302	Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	Barreiras		7,83	73,00	10,00	58,00	0,08	0,12	0,56	0,02	0,00	0,43	0,08	0,00	0,66	0,03	0,00
103307	Água da Vida Transportes	Maceió	8935348	201087	Barreiras	104,00	7,84	116,00	20,00	92,00	0,12	0,28	0,75	0,01	0,00	0,86	0,04	0,00	0,68	0,07	0,00
101712	Conjunto Zé Dias - PT-03	Marechal Deodoro	8924126	181174	Barreiras	72,00	7,56	130,00	20,00	104,00	0,20	0,20	0,77	0,14	0,00	1,02	0,20	0,00	0,82	0,04	0,00
101713	Povoado Malhado - PT-07	Marechal Deodoro	8918590	184260			7,52	140,00	16,00	112,00	0,16	0,16	0,96	0,06	0,00	0,88	0,16	0,00	0,67	0,02	0,00
101714	Sítio Volta D'água	Marechal Deodoro	8927423	189549	Barreiras	84,00	7,23	135,00	14,00	108,00	0,16	0,12	1,07	0,04	0,02	0,82	0,20	0,00	0,63	0,02	0,00
101715	Loteamento Laguna	Marechal Deodoro	8927075	208626	Barreiras	90,00	7,81	120,00	14,00	96,00	0,12	0,16	0,98	0,03	0,00	0,81	0,12	0,00	0,68	0,02	0,00
101716	Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	Bar./Coq.	191,00	7,26	116,00	14,00	92,00	0,12	0,16	0,66	0,03	0,01	0,88	0,12	0,00	0,71	0,01	0,00
101717	Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	Barreiras		7,72	400,00	20,00	320,00	0,20	0,20	3,45	0,18	0,03	3,12	0,52	0,00	1,92	0,01	0,00
101718	Loteamento Arquipelago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	Barreiras	36,00	7,71	122,00	24,00	97,00	0,20	0,28	0,73	0,01	0,01	0,86	0,20	0,00	0,65	0,05	0,00
101719	Loteamento Alta Vista	Barra de São Miguel	8911932	181048	Barreiras	110,00	7,24	79,00	10,00	63,00	0,08	0,12	0,57	0,02	0,00	0,43	0,08	0,00	0,74	0,05	0,00
101720	Povoado São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	Barreiras	60,00	6,98	151,00	24,00	120,00	0,20	0,28	0,99	0,04	0,01	1,14	0,24	0,00	0,62	0,06	0,00
103198	Posto Rosa Maria-Tabuba	Barra de Sto. Antonio	8955895	222721	Barreiras	27,00	6,08	175,00	16,00	140,00	0,12	0,20	1,24	0,01	0,00	1,20	0,20	0,00	0,75	0,03	0,00
103199	Santa Luzia 04	Barra de Sto. Antonio	8956104	223242	Barreiras	22,00	6,25	117,00	20,00	93,00	0,20	0,20	0,75	0,02	0,00	0,92	0,04	0,00	0,59	0,02	0,00
103200	Santa Luzia 03	Barra de Sto. Antonio	8956084	222926	Barreiras	27,00	7,73	119,00	24,00	95,00	0,20	0,28	0,66	0,05	0,00	0,86	0,20	0,00	0,59	0,04	0,00
103201	Condomínio Bosque Rio Mar	Barra de Sto. Antonio	8957658	224156	Barreiras	56,00	7,70	115,00	20,00	92,00	0,16	0,24	0,71	0,04	0,00	0,86	0,12	0,00	0,83	0,04	0,00
103202	Loteamento Rume Farias - PT-05	Barra de Sto. Antonio	8959494	224309	Barreiras	36,00	7,47	85,00	14,00	68,00	0,13	0,15	0,55	0,01	0,01	0,57	0,08	0,00	0,59	0,02	0,00
103203	Loteamento Rume Farias - PT-06	Barra de Sto. Antonio	8959400	224344	Barreiras	40,00	7,29	113,00	12,00	90,00	0,08	0,16	0,87	0,02	0,00	0,86	0,08	0,00	0,59	0,04	0,00
103170	Reservatório CASAL - Centro	Coqueiro Seco	8933026	192290	Barreiras		7,06	144,00	30,00	115,00	0,24	0,36	0,79	0,05	0,00	1,14	0,12	0,00	0,59	0,11	0,00
103171	Brasília Nova	Coqueiro Seco	8933016	192096	Bar./Maceió	84,00	7,14	79,00	20,00	63,00	0,08	0,32	0,38	0,01	0,00	0,52	0,08	0,00	0,59	0,06	0,00
103167	Posto Flecha	Messias	8958705	188171	Barreiras	49,00	6,02	140,00	16,00	110,00	0,12	0,20	1,07	0,04	0,00	1,00	0,16	0,00	0,83	0,03	0,00
103168	Posto Pichilau	Messias	8958616	188124	Barreiras	53,00	5,69	110,00	20,00	63,00	0,16	0,24	0,84	0,05	0,00	0,57	0,12	0,00	0,86	0,04	0,00
103169	SUB-ESTAÇÃO CHESF-BR 101	Messias	8959162	188047	Barreiras	49,00	6,89	80,00	12,00	62,00	0,12	0,12	0,72	0,03	0,00	0,43	0,08	0,00	0,59	0,04	0,00
103193	Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	Barreiras	35,00	7,31	349,00	70,00	279,00	0,89	0,52	1,94	0,13	0,00	2,92	0,60	0,00	0,66	0,04	0,00
103194	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952884	219129		120,00	5,49	113,00	16,00	90,00	0,12	0,20	0,80	0,01	0,00	0,86	0,08	0,00	0,59	0,04	0,00
103195	Loteamento Porto Belo	Paripueira	8952248	219008	Sed. de	32,00	5,56	130,00	24,00	104,00	0,20	0,28	0,70	0,03	0,00	0,81	0,20	0,00	0,86	0,03	0,00
103196	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952758	219533	Barreiras	92,00	5,66	107,00	14,00	85,00	0,12	0,16	0,77	0,02	0,00	0,80	0,08	0,00	0,59	0,05	0,00
103197	Condomínio Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	Barreiras	28,00	6,17	247,00	40,00	197,00	0,41	0,40	1,61	0,05	0,01	2,00	0,40	0,00	0,65	0,02	0,00
102688	Canavialis	Paripueira	8949588	212783	Barreiras		7,15	121,00	12,00	96,00	0,12	0,12	0,89	0,08	0,00	0,92	0,12	0,00	0,83	0,07	0,00
103182	Loteamento Manguaba	Pilar	8938433	175907	Bar./Poção	90,00	7,64	99,00	12,00	79,00	0,08	0,16	0,73	0,02	0,00	0,72	0,08	0,00	0,59	0,11	0,00
103183	Escola Presidente Medici	Pilar	8940965	174200	Bar./Poção	75,00	7,56	68,00	10,00	54,00	0,08	0,12	0,47	0,01	0,00	0,43	0,04	0,00	0,59	0,02	0,00
103184	Loteamento Edite França	Pilar	8938067	174414			7,37	113,00	14,00	90,00	0,08	0,20	0,78	0,07	0,00	0,86	0,08	0,00	0,59	0,10	0,00
103185	Loteamento Frei Damiao	Pilar	8938697	174741	Bar./Poção	89,00	7,46	102,00	10,00	81,00	0,08	0,12	0,80	0,02	0,01	0,74	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00
103176	Residencial Chacara São Bento	Rio Largo	8946682	191962	Barreiras	74,00	7,65	82,00	20,00	65,00	0,20	0,20	0,40	0,02	0,00	0,49	0,20	0,00	0,59	0,08	0,00
103177	OAS	Rio Largo	8948613	191244	Barreiras	74,00	7,00	198,00	18,00	158,00	0,25	0,08	1,61	0,01	0,00	1,43	0,60	0,00	0,62	0,06	0,00
103178	Aeroporto Zumbi 02	Rio Largo	8947100	193308	Bar./Poção	100,00	6,08	58,00	10,00	46,00	0,12	0,08	0,37	0,01	0,00	0,29	0,12	0,00	0,59	0,06	0,00
103179	Aeroporto 01	Rio Largo	8947360	192327	Bar./Poção	100,00	6,19	62,00	10,00	49,00	0,08	0,12	0,41	0,01	0,00	0,34	0,08	0,00	0,59	0,05	0,00
103180	UTE Rio Largo	Rio Largo	8947794	188809	Barreiras	32,50	6,44	210,00	20,00	168,00	0,20	0,20	1,41	0,11	0,00	1,29	0,24	0,00	0,94	0,02	0,00
103181	Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	Barreiras	28,70	7,85	125,00	24,00	100,00	0,20	0,28	0,74	0,03	0,01	0,86	0,32	0,00	0,59	0,06	0,00
103172	Quilombo	Sta.Luzia do Norte	8936526	190505			7,34	289,00	180,00	231,00	1,83	1,80	0,87	0,12	0,00	1,43	2,40	0,00	0,63	0,08	0,00
103173	Posto Ecologico	Sta.Luzia do Norte	8938102	190241			7,21	375,00	180,00	300,00	1,83	1,80	1,14	0,16	0,00	1,77	2,60	0,00	0,95	0,05	0,00
103174	Guardiano	Sta.Luzia do Norte	8938742	189918			7,97	174,00	30,00	139,00	0,41	0,20	1,02	0,12	0,00	1,14	0,71	0,01	0,61	0,06	0,00
103175	Mutirão	Sta.Luzia do Norte	8937832	188952	Bar./Maceió	80,00	7,52	323,00	160,00	258,00	1,42	1,80	1,10	0,13	0,00	0,86	3,79	0,01	0,99	0,03	0,00
103189	Faz. Primavera	Satuba	8938857	184565			6,37	92,00	20,00	73,00	0,12	0,25	0,50	0,02	0,00	0,63	0,12	0,00	0,59	0,06	0,00

No Quadro 8.2 pode-se ainda verificar nos sólidos totais dissolvidos (S.T.D.), que melhor representam a quantidade de sais do aquífero, a predominância absoluta (97%) é de valores abaixo de 500 mg/l, ou seja, 97% das águas dos poços investigados atendem aos padrões de potabilidade segundo normas do Ministério da Saúde (2000).

Quadro 8.3 – Valores médios dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA		MODA	MEDIANA
		Aritmética	Geométrica		
Cor	(mg Pt-Co/l)	5,45	5,76	5,00	5,00
pH	-	7,09	7,06	7,46	7,36
Turbidez	(NTU)	1,22	0,70	0,20	0,60
Condutividade elétrica	μS/cm	145,05	144,21	115,00	126,00
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/l	117,56	114,59	92,00	100,50
Alcalinidade total	mg/l CaCO ₃	8,02	6,98	4,00	6,00
Dureza total	mg/l CaCO ₃	23,95	25,98	20,00	20,00
Nitritos	mg/l NO ₂	0,02	0,01	0,01	0,01
Nitratos	mg/l NO ₃	3,07	2,86	2,10	2,88
Cloreto	mg/l Cl	37,29	34,92	30,43	30,43
Sulfato	mg/l SO ₄	32,89	32,64	28,45	32,84
Cálcio	mg/l Ca	3,99	4,54	4,07	4,07
Magnésio	mg/l Mg	3,17	3,24	2,43	2,43
Sódio	mg/l Na	18,21	18,64	15,20	17,75
Potássio	mg/l K	1,50	1,20	1,00	1,40
Sílica dissolvida	mg/l SiO ₂	8,31	9,25	5,03	8,29
Ferro	mg/l Fe	0,10	0,12	0,10	0,10
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	9,81	8,60	-	7,27
Carbonatos	mg/l CO ₃	0,01	0,00	-	0,01

Quadro 8.4 – Valores médios dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA		MODA	MEDIANA
		Aritmética	Geométrica		
Cor	(mg Pt-Co/l)	7,93	6,10	5,00	5,00
pH	-	6,39	6,19	7,83	6,31
Turbidez	(NTU)	3,37	0,90	0,10	0,90
Condutividade elétrica	μS/cm	186,08	140,21	97,00	121,50
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/l	149,01	112,29	108,00	98,50
Alcalinidade total	mg/l CaCO ₃	15,22	7,11	4,00	6,00
Dureza total	mg/l CaCO ₃	37,94	22,82	20,00	20,00
Nitritos	mg/l NO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitratos	mg/l NO ₃	4,03	2,67	1,79	2,52
Cloreto	mg/l Cl	41,72	29,97	30,43	30,43
Sulfato	mg/l SO ₄	52,38	40,81	28,45	38,45
Cálcio	mg/l Ca	6,89	3,76	2,44	3,26
Magnésio	mg/l Mg	5,13	3,15	2,43	2,92
Sódio	mg/l Na	24,90	19,99	15,60	19,30
Potássio	mg/l K	2,27	1,33	0,60	1,00
Sílica dissolvida	mg/l SiO ₂	14,51	7,43	7,37	7,37
Ferro	mg/l Fe	0,19	0,11	0,12	0,10
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	18,73	9,04	4,84	7,31
Carbonatos	mg/l CO ₃	0,02	0,00	0,02	0,00

Na análise dos parâmetros físico-químicos mais representativos das águas subterrâneas da RMM que se segue estão apresentadas as principais características hidroquímicas dessas águas, principalmente quando se leva em consideração a possibilidade de influência de eventuais contaminações.

Quadro 8.5 – Valores de medida de dispersão dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

PARÂMETRO	UNIDADE	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão
Cor	(mg Pt-Co/l)	5,00	100,00	11,41
pH	-	4,73	8,02	1,04
Turbidez	(NTU)	0,10	53,60	8,85
Condutividade Elétrica	μS/cm	53,00	1.697,00	235,16
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/l	42,00	1.357,00	187,97
Alcalinidade total	mg/l CaCO ₃	2,00	190,00	29,99
Dureza total	mg/l CaCO ₃	10,00	550,00	78,18
Nitritos	mg/l NO ₂	0,01	0,03	0,00
Nitratos	mg/l NO ₃	0,55	163,00	6,69
Cloreto	mg/l Cl	6,09	324,61	49,58
Sulfato	mg/l SO ₄	28,45	637,78	78,13
Cálcio	mg/l Ca	1,60	114,02	15,42
Magnésio	mg/l Mg	0,49	72,90	9,91
Sódio	mg/l Na	6,40	185,20	23,68
Potássio	mg/l K	0,20	33,00	3,83
Sílica dissolvida	mg/l SiO ₂	0,00	93,37	20,11
Ferro	mg/l Fe	0,00	3,65	0,39
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	2,54	231,65	36,48
Carbonatos	mg/l CO ₃	0,00	0,40	0,07

Quadro 8.6 – Valores de medida de dispersão dos principais parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

PARÂMETRO	UNIDADE	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão
Cor	(mg Pt-Co/l)	2,50	>100,00	1,50
pH	-	4,73	7,97	0,69
Turbidez	(NTU)	0,10	53,70	1,75
Condutividade elétrica	μS/cm	58,00	1.258,00	68,63
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/l	46,00	1.006,00	58,70
Alcalinidade total	mg/l CaCO ₃	2,00	190,00	8,30
Dureza total	mg/l CaCO ₃	10,00	600,00	13,02
Nitritos	mg/l NO ₂	0,01	0,09	0,02
Nitratos	mg/l NO ₃	0,56	16,40	1,51
Cloreto	mg/l Cl	10,14	385,47	21,54
Sulfato	mg/l SO ₄	0,20	108,52	6,23
Cálcio	mg/l Ca	1,63	114,02	2,04
Magnésio	mg/l Mg	0,97	77,76	1,91
Sódio	mg/l Na	6,20	184,20	7,52
Potássio	mg/l K	0,30	51,00	1,21
Sílica dissolvida	mg/l SiO ₂	1,70	93,37	3,14
Ferro	mg/l Fe	0,03	5,00	0,05
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	2,38	231,14	10,07
Carbonatos	mg/l CO ₃	0,00	0,37	0,01

No Quadro 8.7 apresenta-se um resumo da distribuição dos dados (número de análises realizadas) por aquífero ou sistema aquífero.

Quadro 8.7 – Distribuição dos dados por aquífero.

Aquífero	Nº de dados
Barreiras	98
Barreiras/Marituba	62
Barreiras/Coqueiro Seco	2
Barreiras/Poço	10
Barreiras/Maceió	4
Sedimentos de Praia e Aluviões	2
Não identificado	22

Efetua-se a seguir uma análise dos principais parâmetros analisados nos diversos aquíferos, com valores mínimo, máximo e médio.

8.1.2.1. Cor e Turbidez

Cor é o produto das substâncias dissolvidas ou em suspensão na água, provenientes, principalmente, da lixiviação da matéria orgânica. A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis e de pigmentos) e celulose (efluentes de indústrias de celulose, madeira e papel).

Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor em geral.

- A água em geral apresenta coloração azulada em grandes espessuras quando pura, arroxeadada quando rica em ferro, negra quando rica em manganês e amarelada quando rica em ácidos húmicos.
- A medida se faz com comparação de uma solução padrão de Pt-Co ou disco colorido, sendo a unidade mais utilizada de ppm de Pt-Co ou simplesmente ppm de Pt.
- Comumente as águas subterrâneas apresentam valores de coloração inferiores a 5 ppm de Pt, de forma anômala, pode atingir até 100 ppm de Pt.
- Geralmente uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade para ser potável.

Turbidez é a dificuldade da água para transmitir a luz. Mede-se com o turbidímetro ou nefelômetro que compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra d'água, com o de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez.

Podemos também definir a turbidez de uma amostra de água como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral.

- A unidade é dada por FTU (*Formazin Turbidity Unit.*). No Brasil a unidade mais utilizada é a UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez), podendo também ser expressa, em mg/l de SiO₂ (miligramas por litro em Silica).
- É causada pelos sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida), organismos microscópicos e algas, sujando a água, conferindo uma aparência turva à mesma e dificultando a passagem da luz.
- A turbidez é encontrada na maioria das águas de superfície, em valores elevados, mas está normalmente ausente nas águas subterrâneas.

Os valores de cor e turbidez das águas subterrâneas que excedem os limites padronizados são consequentes de defeitos de construção do poço e falta de desenvolvimento adequado, não sendo imputados à qualidade da água subterrânea esses valores excessivos.

Os locais dos poços que apresentaram cor e turbidez elevadas estão representados no Quadro 8.8.

Quadro 8.8 – Poços que apresentaram anomalias na cor e turbidez.

Poços	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Cor (Pt-Co/l)	Turbidez (UNT)
		N	E			
Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	Bar/Mar	20,00	53,60
Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286		5,00	21,00
Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	Barreiras/Coq. Seco	20,00	6,10
Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	Barreiras	>100,00	41,30
Loteamento Arquipelago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	Barreiras	40,00	25,60
Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	Barreiras	100,00	3,30
Cond. Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	Barreiras	40,00	7,00
Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	Barreiras	40,00	50,50
Clima Bom - PCB06	Maceió	8940669	193690	Barreiras	20,00	6,60
Eustáquio Gomes	Maceió	8944204	193569	Bar/Mar	20,00	5,60
José Tenório PJTL5	Maceió	8937419	201347	Barreiras	5,00	14,70
Santa Lúcia PLSL5	Maceió	8940898	197858	Barreiras	5,00	11,50
Pov. São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	Barreiras	20,00	53,70
Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	Barreiras	5,00	15,20

Nos aquíferos freáticos rasos, a origem da turbidez da água pode ser devido a fontes potenciais de contaminação, como exemplo podemos citar o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento e efluentes industriais no solo.

Os poços que apresentaram as maiores turbidez (Povoado São Sebastião, Jardim Serraria, Posto Aliança, Loteamento Arquipélago do Sol e Bunge Fertilizantes) captam água do aquífero Barreiras.

Os valores de cor e turbidez das águas subterrâneas da RMM encontrados variam de 5,00 a >100,00 (Pt-Co/l) e 0,10 a 53,70 (UNT), respectivamente. O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece para as águas doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰) turbidez inferior a 40 UNT; o Ministério da Saúde (Portaria MS n.º 518, de 25 de março de 2004) estabelece o valor máximo permitido de 5 UT (Pt-Co/l) de turbidez e de 15 uH para a cor aparente para as águas potáveis. Apenas 11% dos poços amostrados apresentam valores de cor acima do limite de potabilidade e 18% dos poços amostrados as águas subterrâneas, estão acima do valor máximo permitido para o parâmetro físico de turbidez.

Na RMM os valores da cor e da turbidez variam por aquífero conforme indicado nos quadros 8.9 e 8.10 .

Quadro 8.9 - Variação da cor e turbidez por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Cor (ppm de Pt)			Turbidez (FTU)		
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio
Barreiras	5	>100	5	0,10	50,50	1,30
Barreiras / Marituba	5	20	5	0,10	53,60	0,70
Barreiras / Maceió	5	5	5	0,60	0,80	0,70
Barreiras / Poção	5	20	5	0,60	1,50	0,80
Barreiras / Coqueiro seco	20	20	20	6,1	6,1	6,1
Sedimentos de Praia e Aluviões	5	5	5	0,10	0,10	0,10
Geral	5	>100	5	0,10	53,60	0,90

Quadro 8.10 - Variação da cor e turbidez por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Cor (ppm de Pt)			Turbidez (FTU)		
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio
Barreiras	5	100	5	0,10	53,70	0,20
Barreiras / Marituba	5	20	5	0,10	5,60	0,20
Barreiras / Maceió	5	5	5	0,20	0,80	0,50
Barreiras / Poção	5	5	5	0,10	0,20	0,20
Sedimentos de Praia e Aluviões	5	5	5	0,30	0,30	0,30
Geral	2,5	100	5	0,10	53,70	0,20

Os valores em vermelho nos Quadros acima são superiores ao limite máximo da potabilidade para consumo humano.

8.1.2.2. pH

O *pH* é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. Representa o logaritmo da recíproca da concentração molar do íon hidrogênio, ou seja:

$$pH = -\log H^+ \quad \rightarrow \quad pH = \log \frac{1}{H^+} \quad (8.3)$$

A escala dos valores do *pH* é tal que a mudança de uma unidade significa um aumento de 10 vezes na concentração do íon hidrogênio, assim, se uma água contém 10^{-7} mols/l de H^+ seu *pH* é 7. Varia de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, ácida se for inferior a 7 e alcalina se superior a 7.

A determinação de *pH* indica a variação de acidez da água. Os valores de *pH* encontrados variam de 4,37 a 8,02 com a maioria entre 5,24 e 7,73 perfazendo cerca de 72% do total da área RMM. O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece para as águas doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), o *pH* entre 6 - 9; o Ministério da Saúde (Portaria MS n.º 518, de 25 de março de 2004) recomenda que no sistema de distribuição, o *pH* da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, para as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano. A partir deste fato, os valores observados dentro dessa faixa correspondem a 58% dos poços amostrados. Por outro lado, 42% apresentam padrões fora do indicado, com valores de *pH* abaixo de 6, materializando um caráter ácido para as águas subterrâneas. Isto ocorre, possivelmente, pela presença de sedimentos flúvio-lacustres, ricos em matéria orgânica e bactérias anaeróbicas, o que leva a diminuição nos valores de *pH* das águas subterrâneas. O *pH* varia por aquífero na RMM segundo os Quadros 8.11 e 8.12.

Quadro 8.11 - Variação do *pH* por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	<i>pH</i> mínimo	<i>pH</i> máximo	<i>pH</i> médio
Barreiras	4,37	7,98	6,08
Barreiras / Marituba	4,83	8,02	5,77
Barreiras / Coqueiro Seco	7,64	7,64	7,64
Barreiras / Maceió	4,95	7,40	6,18
Barreiras / Poção	6,22	6,68	6,47
Sedimentos de Praia e Aluviões	5,31	5,31	5,31
Geral	4,37	8,02	6,31

Quadro 8.12 - Variação do *pH* por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	<i>pH</i> mínimo	<i>pH</i> máximo	<i>pH</i> médio
Barreiras	4,73	7,85	7,43
Barreiras / Marituba	5,23	7,82	7,46
Barreiras / Coqueiro Seco	7,26	7,26	7,26
Barreiras / Maceió	7,14	7,52	7,33
Barreiras / Poção	6,08	7,64	7,46
Sedimentos de Praia e Aluviões	5,56	5,56	5,56
Geral	4,73	7,85	7,46

Os valores em vermelho nos Quadros 8.11 e 8.12 são inferiores ao limite de potabilidade para consumo humano.

Geralmente os padrões de potabilidade indicam a faixa 6,5-9,5 para o pH aceitável das águas, embora pequenas variações em torno desses valores não constituam restrição ao uso para o consumo humano.

Esses valores revelam uma semelhança entre as águas dos diferentes aquíferos dessa região, com médias variando em torno da média geral de 6,31 a 7,46 respectivamente para a 1ª e 2ª campanha. Trata-se de águas pouco ácidas a pouco alcalinas, variando entre ácidas a ligeiramente alcalinas.

Apenas as águas dos poços profundos que captam da Formação Barreiras/Marituba são pouco alcalinas provavelmente em decorrência da gradação lateral para carbonatos da Formação Mosqueiro. Os valores em vermelho nos Quadros 8.11 e 8.12 estão abaixo do limite mínimo das classificações de potabilidade para o consumo humano.

8.1.2.3. Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos

A Condutividade Elétrica (CE) é a medida da facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons e é proporcional a quantidade de sais dissolvidos nas águas.

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) é o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representa a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil.

Ambos os parâmetros expressam a salinização da água, pois quanto maior o conteúdo de sólidos totais dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

A variação da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos nos diversos aquíferos pode ser avaliada nos Quadros 8.13 e 8.14.

Conforme pode ser analisado nesses Quadros, as águas subterrâneas da RMM se apresentam doce a salobra, considerando tratar-se de aquíferos porosos onde as águas se concentram ao longo dos interstícios, podendo dissolver os minerais contidos nas suas formações e provocar sua progressiva mineralização (enriquecimento de sais) no sentido do seu fluxo.

Quadro 8.13 – Variação da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Condutividade Elétrica (µmho/cm)			Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio
Barreiras	54	588	132	43	470	105
Barreiras / Marituba	53	1.697	117	42	1.357	93
Barreiras / Coqueiro Seco	115	115	115	92	92	92
Barreiras / Maceió	97	323	210	77	258	167,5
Barreiras / Poção	90	121	99	72	120	79
Sedimentos de Praia e Aluviões	135	135	135	108	108	108
Geral	53	1.697	121,5	42	1.357	98,5

Quadro 8.14 - Variação da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Condutividade Elétrica (µmho/cm)			Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio
Barreiras	60	1.174	132	48	939	105
Barreiras / Marituba	70	1.258	115	56	1.006	92
Barreiras / Coqueiro Seco	116	116	116	92	92	92
Barreiras / Maceió	79	323	201	63	258	160
Barreiras / Poção	58	102	68	46	81	54
Sedimentos de Praia e Aluviões	130	130	130	104	104	104
Geral	58	1.258	115	46	1.006	92

A maioria absoluta das águas subterrâneas coletadas na 1ª etapa (98%) e na 2ª etapa (99%) do projeto comportou-se dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 e da Portaria do Ministério da Saúde n.º 518, de 25 de março de 2004, que é de 1.000 mg/l. Apenas os poços do colégio Santa Úrsula e do Mc Donalds apresentaram água subterrânea com valores de STD superiores ao valor máximo permitido (VMP) para o Consumo Humano, de 1136 e 1357 mg/l, respectivamente para a 1ª campanha de amostragem e de 1006 mg/l para o poço do colégio Santa Úrsula da 2ª campanha de amostragem.

A condutividade elétrica da maioria das águas subterrâneas naturais multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 e 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos na água. Para as águas subterrâneas da RMM, ocorre uma perfeita correlação linear entre a Condutividade Elétrica (CE) e o Sólidos Totais Dissolvidos (STD), cujo coeficiente de correlação linear é igual a 99,998 % (0,99998) para os dados da 1ª campanha, 99,97% (0,9997) para os dados da 2ª campanha e 99,96% (0,9996) para os dados das duas campanhas.

As figuras 8.2, 8.3 e 8.4 apresentam os gráficos das correlações lineares entre os valores de CE e STD para os dados da 1ª e 2ª campanha e para os dados das duas campanhas juntas, respectivamente.

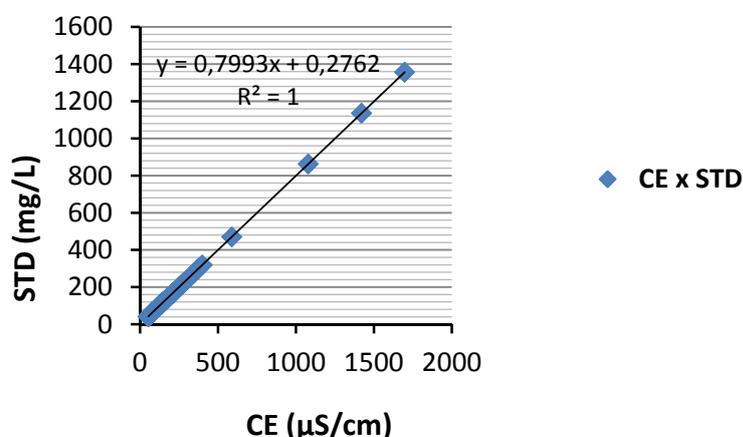


Figura 8.2 – Gráfico de Condutividade Elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os dados da 1ª campanha.

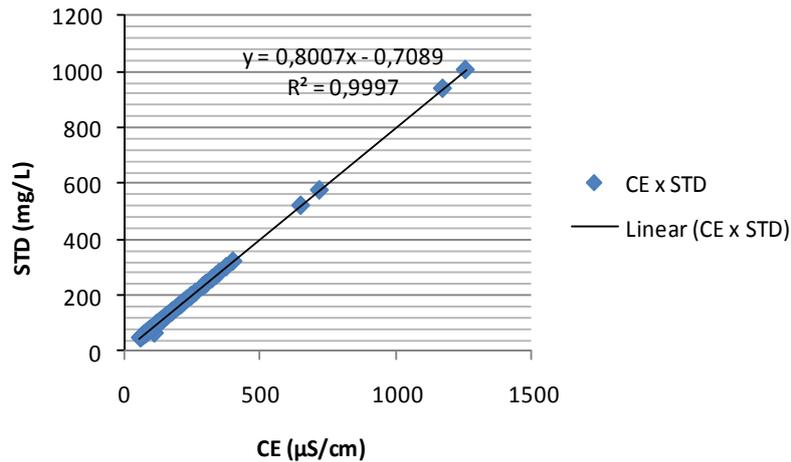


Figura 8.3 – Gráfico Condutividade Elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os dados da 2ª campanha.

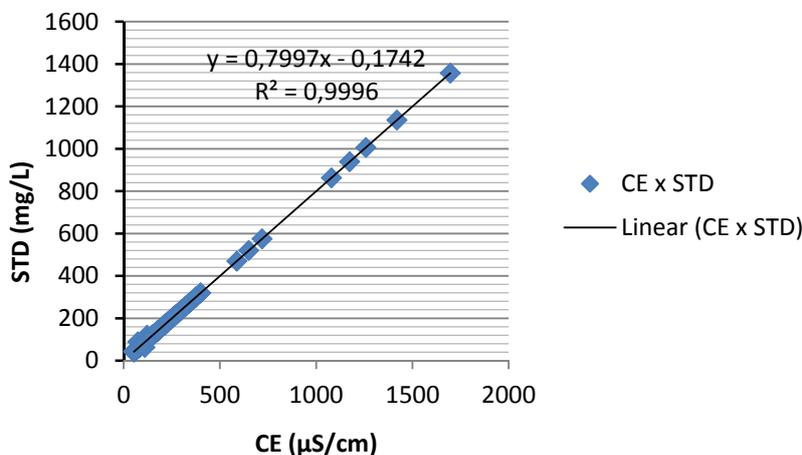


Figura 8.4 – Gráfico Condutividade Elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os dados da 1ª e 2ª campanha.

8.1.2.4. Dureza

É definida como o poder de consumo de sabão por determinada área ou a capacidade da água de neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio, magnésio ou outros elementos (como exemplo o Fe, Mn, Cu e Ba). Em geral usa-se o teor de cálcio e magnésio de uma água, expresso em teores de carbonato de cálcio, para definir a dureza.

A dureza é consequência principalmente da presença de cálcio e magnésio, todavia, em suas medições esse parâmetro leva em consideração apenas a quantidade equivalente de carbonato de cálcio. Assim, a dureza de 200 mg/l-CaCO₃ corresponde a uma água que contenha em solução 200 mg/l de CaCO₃.

A tabela 8.1 mostra a classificação da água quanto à dureza, com base na referência de Custódio & Llamas, (1983) e a quantidade de dados dos poços monitorados da RMM por classe de tipo de dureza.

Tabela 8.1 - Classificação das águas segundo a dureza (mg/l - CaCO₃).

Tipo	Teor de CaCO₃ (mg/l)	Número de dados	Percentagem (%)
Branda	< 50	173	86,5
Pouco Dura	50-100	14	7
Dura	100-200	9	4,5
Muito Dura	> 200	4	2

Fonte: Custodio & Llamas (1983) modificado.

A variação e classificação desse parâmetro por aquífero na área pesquisada pode ser visualizada nos Quadros 8.15 e 8.16.

As águas subterrâneas da RMM revelam uma dureza branda na sua grande maioria (86,5% dos dados) com valor médio de 20 mg/l de CaCO₃. Segundo o padrão de aceitação para consumo humano da Portaria do Ministério da Saúde n.º 518, as águas subterrâneas dos poços amostrados na sua grande maioria (98% tem valores dentro do limite de potabilidade (500 mg/l em CaCO₃), exceção aos poços do Colégio Santa Úrsula (600 e 550 mg/l em CaCO₃, respectivamente para a 1ª e 2ª etapa) e da Mc Donalds (540 e 519 mg/l em CaCO₃, respectivamente para a 1ª e 2ª etapa).

A exemplo do pH, a dureza também mostra semelhança para águas de diferentes aquíferos, ficando as suas médias próximas ao valor médio para a dureza nessa área que é de 20 mg/l em CaCO₃, exceto para as águas do aquífero Barreiras / Maceió que foi de 87 e 90 mg/l em CaCO₃, para a 1ª e 2ª etapa respectivamente.

As águas duras são incrustantes e produzem grandes consumos de sabão, além de dificultar o cozimento dos alimentos.

Quadro 8.15 - Variação da dureza por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Dureza mínimo (mg/l)	Dureza máximo (mg/l)	Dureza média (mg/l)	Classificação
Barreiras	10	120	20	Branda
Barreiras / Marituba	10	550	20	Branda
Barreiras / Coqueiro Seco	14	14	14	Branda
Barreiras / Maceió	14	160	87	Pouco dura
Barreiras / Poção	10	12	10	Branda
Sedimentos de Praia e Aluviões	24	24	24	Branda
Geral	10	550	20	Branda

Quadro 8.16 - Variação da dureza por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Dureza mínimo (mg/l)	Dureza máximo (mg/l)	Dureza média (mg/l)	Classificação
Barreiras	10	120	20	Branda
Barreiras / Marituba	12	600	20	Branda
Barreiras / Coqueiro Seco	14	14	14	Branda
Barreiras / Maceió	20	160	90	Pouco dura
Barreiras / Poção	10	12	10	Branda
Sedimentos de Praia e Aluviões	24	24	24	Branda
Geral	10	600	20	Branda

8.1.2.5. Cloretos

O cloreto, em geral, é muito solúvel, altamente deliquescente (isto é, possui uma forte tendência a absorver água e a se liquefazer) e muito estável em solução, logo, dificilmente precipita. Não oxida e nem se reduz em águas naturais. A alta solubilidade e o lento movimento das águas no aquífero vão provocando aumentos gradativos e constantes dos teores de cloretos nas águas subterrâneas na direção do fluxo.

Formam compostos muito estáveis e possuem uma tendência de se enriquecer, junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. As concentrações elevadas podem ser indicadores de contaminação por água do mar e por aterros sanitários.

As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg/l. Já nas águas dos mares são abundantes com valores entre 18.000 e 21.000 mg/l, podendo chegar a 220.000 mg/l nas salmouras naturais (saturação).

Beekman & Appelo (1990) observaram que durante o processo de intrusão salina, os teores de cloretos, sódio e magnésio contidos na água doce sofrem uma elevação à medida que a contaminação do aquífero por água salgada evolui, cessando no momento em que o equilíbrio iônico com a água salgada é atingido.

Ainda que, esses íons constituam importantes indícios para a contaminação das águas subterrâneas por água salgada, o cloreto é o mais utilizado, pois é o menos afetado pelas reações químicas que são produzidas durante os processos de mistura de água doce com a água salgada.

Está presente em todas as águas naturais, com valores situados entre 10 e 250 mg/l nas águas doces naturais e nas águas subterrâneas dos poços da RMM os valores de cloretos variam dentro do intervalo de 6,09 a 385,47 mg/l e se mantiveram bastante próximos, com valores médios de cloretos entorno de 30 mg/l.

O limite de potabilidade recomendado pelo Ministério da Saúde, pela Portaria nº 518 de 25/03/2004 é de 250 mg/l, os poços do Colégio Santa Úrsula (385,47 mg/l), do G.Barbosa – Serraria (355,04 mg/l), do Mc Donalds (273,89 mg/L) e do Shopping Iguatemi (324,61 mg/l) apresentaram valores acima desse limite na 1ª etapa. Esses poços estão relacionados no Quadro 8.17.

Quadro 8.17 – Poços que apresentaram anomalias de cloreto.

Poços	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Cloreto Mg/l (1ª etapa)
		N	E		
Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	385,47
Mc Donalds	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	273,89
Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	Bar/Mar	324,61
G.Barbosa – Serraria	Maceió	8936175	201830	Barreiras	355,04

Nos Quadros 8.18 e 8.19 estão representadas as concentrações de cloreto nos diferentes aquíferos da RMM.

Quadro 8.18 - Variação de cloretos por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Cloretos mínimo (mg/l)	Cloretos máximo (mg/l)	Cloretos média (mg/l)
Barreiras	7,10	101,44	30,43
Barreiras / Marituba	6,09	324,61	30,43
Barreiras / Coqueiro Seco	28,40	28,40	28,40
Barreiras / Maceió	18,26	30,43	24,35
Barreiras / Poção	12,17	25,35	15,22
Sedimentos de Praia e Aluviões	30,42	30,42	30,42
Geral	6,09	324,61	30,43

Quadro 8.19 - Variação de cloretos por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Cloretos mínimo (mg/l)	Cloretos máximo (mg/l)	Cloretos média (mg/l)
Barreiras	10,14	355,04	30,43
Barreiras / Marituba	12,17	385,50	30,43
Barreiras / Coqueiro Seco	31,10	31,10	31,10
Barreiras / Maceió	18,26	30,43	24,35
Barreiras / Poção	10,14	26,37	15,22
Sedimentos de Praia e Aluviões	140,21	140,21	140,21
Geral	10,14	385,50	30,43

As concentrações de cloretos apresentam variações típicas entre 5 e 50 mg/l (77%), ficando as suas médias em torno do valor de 30,43 mg/l, mostrando semelhanças para as águas dos diferentes aquíferos, o que indica que a sua origem, mais plausível, está associada a precipitação de sais concentrados por processo de evapotranspiração.

Os poços salinizados do Colégio Santa Ursula e G. Barbosa Serraria que captam águas dos aquíferos Barreiras/Marituba e Barreiras, respectivamente, foram desativados e isolados pela CASAL.

Os estudos hidrogeoquímicos efetuados por Silva (2005) “Caracterização do Processo de Salinização do Aquífero Marituba no Bairro do Mutange, Lagoa Mundaú, Maceió-AL.”, constatou a salinização do aquífero Marituba em Maceió nas proximidades das margens da lagoa de Mundaú.

As evidências encontradas por Silva (2005) durante o estudo realizado em registros históricos da evolução de cloretos nos poços da bateria do Mutange estão representadas nas Figuras 8.5 a 8.11.

Variação da concentração de cloreto no poço - PW 08

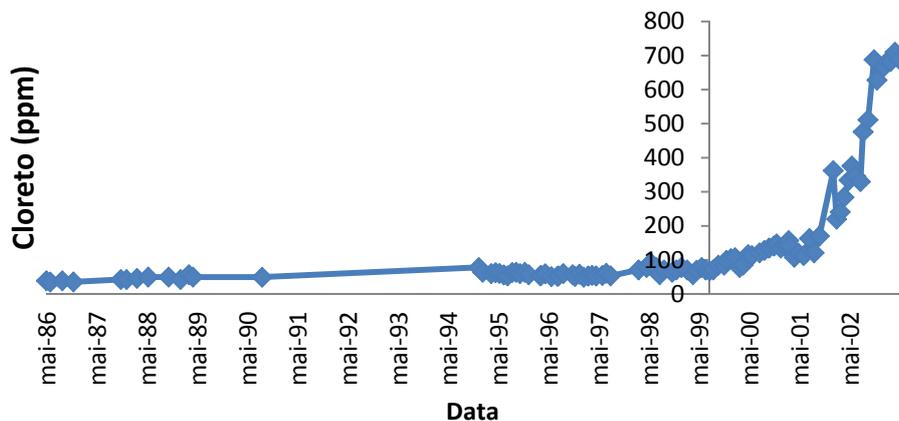


Figura 8.5 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 08.

Variação da concentração de cloreto no poço - PW 09b

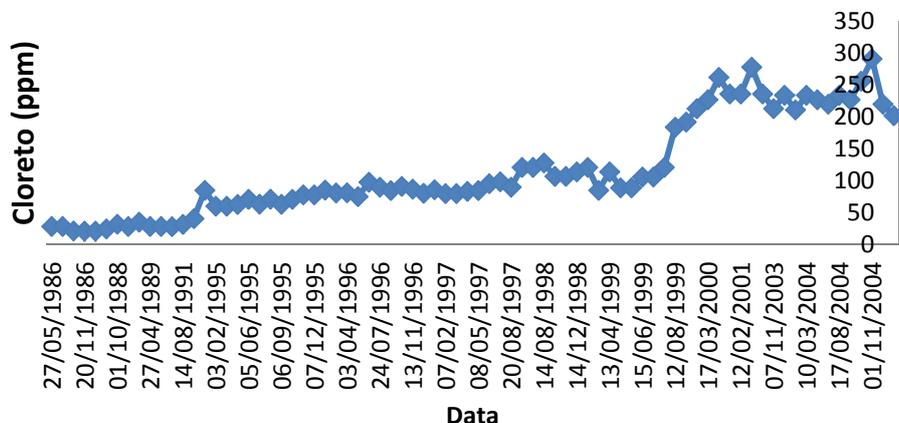


Figura 8.6 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 09b.

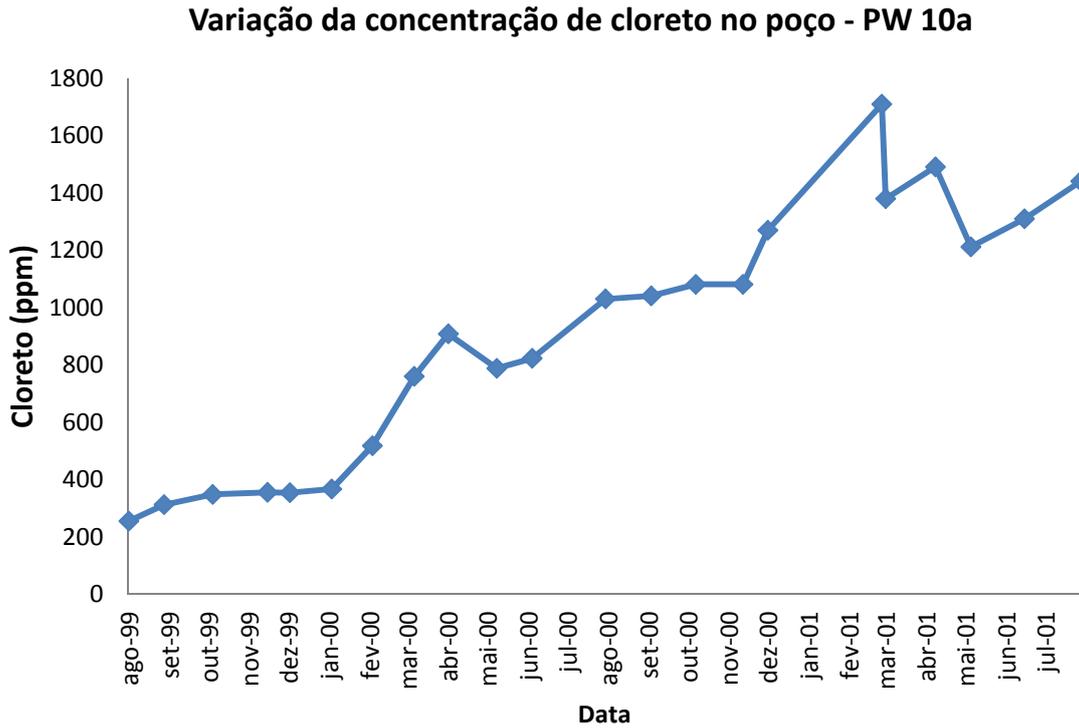


Figura 8.7 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 10a.

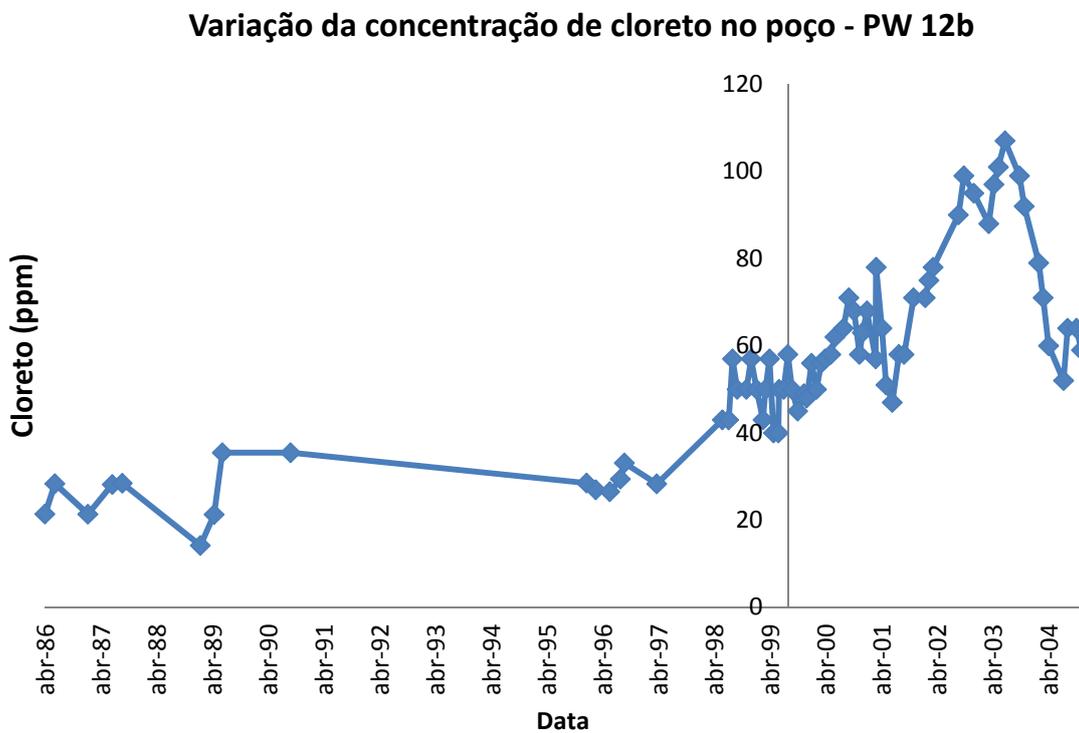


Figura 8.8 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 12b.

Variação da concentração de cloreto no poço - PW 18

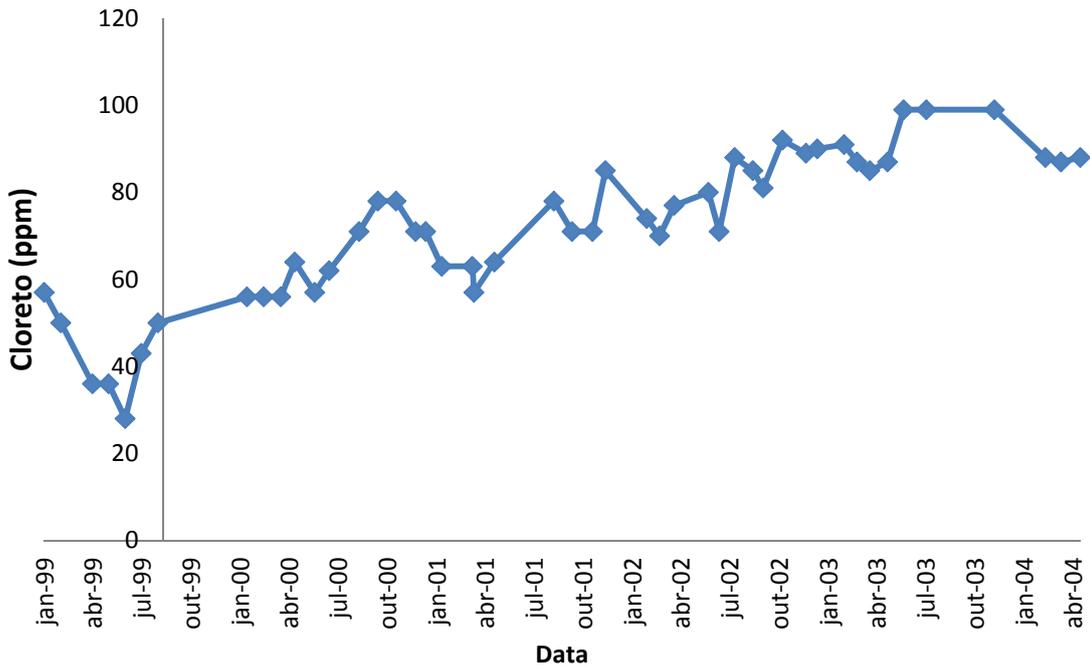


Figura 8.9 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 18.

Variação da concentração de cloreto no poço - PW 19

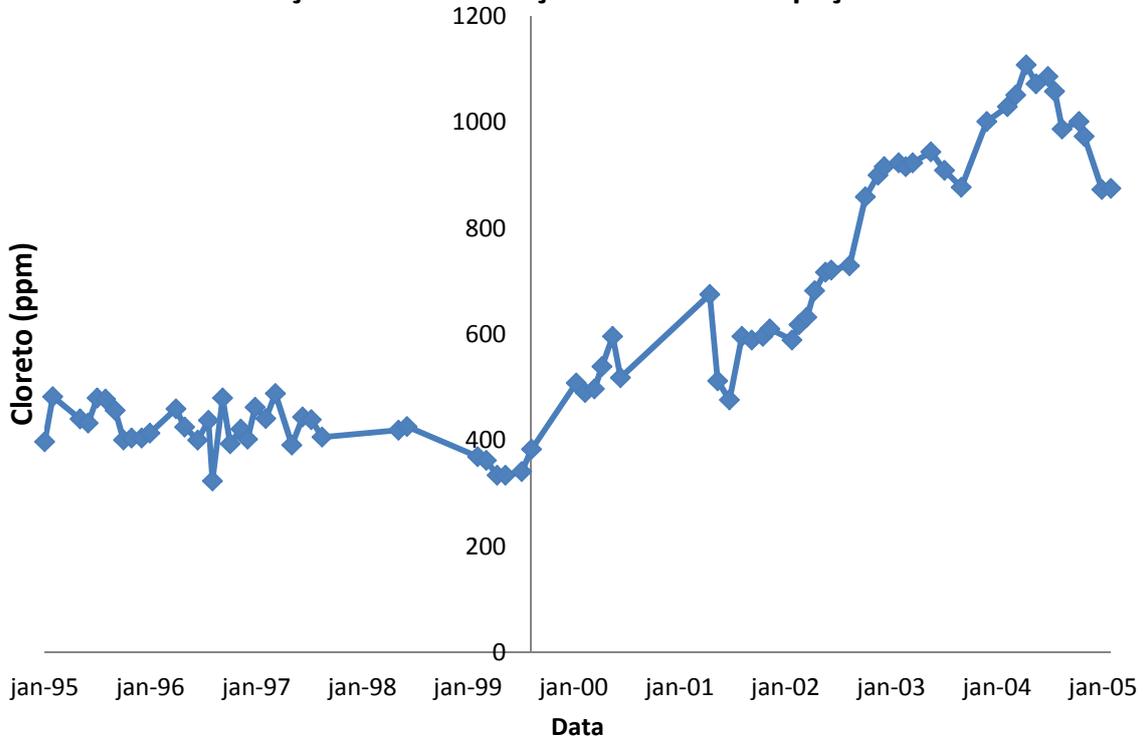


Figura 8.10 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço PW 19.

Variação da concentração de cloreto no poço - PW 23

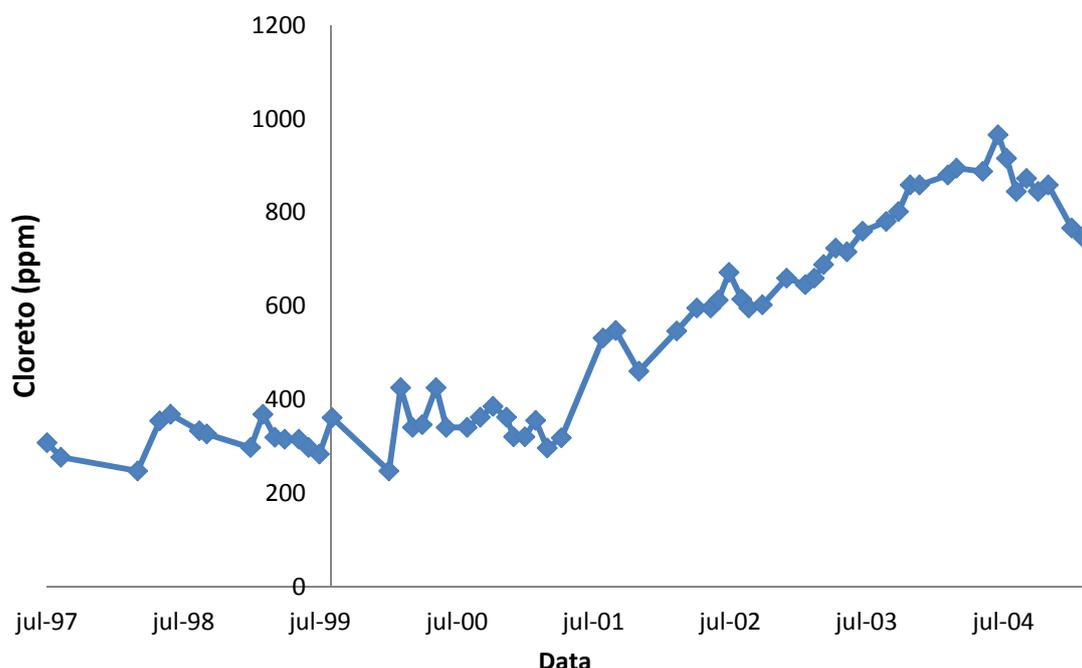


Figura 8.11 - Evolução histórica da concentração de cloreto no poço-PW-23.

Analisando as Figuras 8.5 a 8.11 pode-se constatar a semelhança entre os perfis, onde se identifica um crescimento dos teores de cloretos ao longo do tempo, com um aumento significativo a partir do ano de 2000, demonstrando claramente um processo de salinização das águas subterrâneas do aquífero Marituba. Esta salinização foi provocada pelo bombeamento da bateria de poços do Mutange nesta área que induz a migração das águas salinizadas da lagoa Mundaú. A lagoa Mundaú apresenta valores de 8.820 mg/l de cloreto, demonstrando forte influência marinha.

8.1.2.6. Sulfato

O sulfato é um sal altamente deliquescente e moderadamente a muito solúvel, exceto os sulfatos de estrôncio (SrSO_4) e os de bário (BaSO_4). Em água doce o sulfato de cálcio (SO_4Ca) satura a 1.500 mg/l e pode chegar até 7.200 mg/l em águas salinas.

Origina-se da oxidação do enxofre (pirita) presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita). O sulfato é o segundo ânion mais abundante na água do mar, sendo um dos indicadores de intrusão marinha.

A água do Oceano Atlântico apresenta, em média, 2.810 mg/l de sulfatos, na água doce varia entre 5 e 200 mg/l.

As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de sulfatos inferiores a 100 mg/l, principalmente na forma de SO_4^{2-} e HSO_4^- . Segundo Hem (1985), este último predomina nas águas muito ácidas ($\text{pH} < 2$), devido à dissociação incompleta do ácido sulfúrico. Segundo Schoeller (1962) é normal o aumento da concentração de sulfato em áreas urbanas, industrializadas e costeiras.

As concentrações de sulfato acima de 250 mg/l não são recomendadas, pelo Ministério da Saúde, Portaria nº 518 de 25/03/2004, para água de consumo humano.

Somente três poços apresentaram valores acima de 250 mg/l, para as águas subterrâneas da RMM. Esses poços estão relacionados no Quadro 8.20.

Quadros 8.20 – Poços que apresentaram valores anômalos de sulfato na 1ª etapa de amostragem.

Poço	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Sulfato mg/l
		N	E		
Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	435,78
Mc Donalds	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	340,45
Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	Barreiras	637,78

Valores anômalos de sulfato foram detectados na 1ª etapa de amostragem (quadro 8.20), entretanto na 2ª etapa as concentrações de sulfatos caíram abaixo de 40 mg/l, indicando uma provável contaminação temporal por fonte antrópica.

Os Quadros 8.21 e 8.22 mostram a distribuição do sulfato nos diferentes aquíferos presentes na RMM.

Quadro 8.21 - Variação de sulfato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Sulfato mínimo (mg/l)	Sulfato máximo (mg/l)	Sulfato média (mg/l)
Barreiras	28,45	340,45	39,11
Barreiras / Marituba	28,45	637,78	29,78
Barreiras / Coqueiro Seco	33,11	33,11	33,11
Barreiras / Maceió	43,11	47,78	45,45
Barreiras / Poção	28,45	47,11	44,45
Sedimentos de Praia e Aluviões	41,11	41,11	41,11
Geral	28,45	637,78	38,45

Quadro 8.22 - Variação de sulfato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Sulfato mínimo (mg/l)	Sulfato máximo (mg/l)	Sulfato média (mg/l)
Barreiras	28,45	92,13	28,45
Barreiras / Marituba	28,45	108,52	33,11
Barreiras / Coqueiro Seco	33,89	33,89	33,89
Barreiras / Maceió	28,45	47,78	38,12
Barreiras / Poção	0,20	28,45	28,45
Sedimentos de Praia e Aluviões	41,11	41,11	41,11
Geral	0,20	108,52	28,45

Na análise dos Quadros 8.21 e 8.22, a concentração de sulfato é baixa na grande maioria (91% < 50 mg/l) das águas subterrâneas ocorrentes na RMM, mostrando valores médios, para os diferentes aquíferos, entorno de 38,45 mg/l.

8.1.2.7. Bicarbonato

O bicarbonato é o principal constituinte alcalino da água, não se oxida nem se reduz em águas naturais, porém pode precipitar com muita facilidade como bicarbonato de cálcio (CO₃Ca). Varia entre 50 e 350 mg/l em águas doces, podendo chegar a 800 mg/l. A água do mar possui teores da ordem de 100 mg/l.

Segundo Mestrinho (2006), as águas subterrâneas bicarbonatadas rasas (aquífero freático) se convertem em cloretadas com a profundidade e elevados tempos de residência através da adição de cloreto por difusão iônica ou devido à dissolução da halita.

O pH entre 4,73 e 7,97 condiciona o bicarbonato em concentrações superiores a das outras formas de carbonatos dissolvidos.

O bicarbonato, quando predominante sobre o sulfato e o cloreto, indica que a água não é de circulação regional com longos tempos de residência, pois a evolução normal de uma água de circulação regional é que sucessivamente os seguintes íons dominem: HCO₃⁻, SO₄⁼ e Cl⁻. A variação desse parâmetro por aquífero na RMM pode ser visualizada nos Quadros 8.23 e 8.24.

Quadro 8.23 - Variação de bicarbonato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Bicarbonato mínimo (mg/l)	Bicarbonato máximo (mg/l)	Bicarbonato média (mg/l)
Barreiras	2,54	58,61	7,34
Barreiras / Marituba	2,55	170,62	5,15
Barreiras / Coqueiro Seco	7,29	7,29	7,29
Barreiras / Maceió	5,57	231,65	118,61
Barreiras / Poção	4,90	14,66	7,36
Sedimentos de Praia e Aluviões	12,50	12,50	12,50
Geral	2,54	231,65	7,31

Quadro 8.24 - Variação de bicarbonato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Bicarbonato mínimo (mg/l)	Bicarbonato máximo (mg/l)	Bicarbonato média (mg/l)
Barreiras	2,38	146,09	7,31
Barreiras / Marituba	2,39	182,61	4,85
Barreiras / Coqueiro Seco	7,30	7,30	7,30
Barreiras / Maceió	4,87	231,14	118,01
Barreiras / Poção	2,41	7,37	4,85
Sedimentos de Praia e Aluviões	12,37	12,37	12,37
Geral	2,38	231,14	2,88

As águas subterrâneas amostradas da RMM, apresentam valor médio de 7,31 mg/l na 1ª etapa e de 2,88 mg/l na segunda etapa de amostragem para o parâmetro químico bicarbonato (Quadros 8.23 e 8.24). Para todos os aquíferos, esses valores estão abaixo do limite de potabilidade utilizado no Brasil, que é de 250 mg/l.

8.1.2.8. Carbonato

A quantidade relativa de íons de carbonato é função do pH e do conteúdo de gás carbônico. Em águas naturais doces, a quantidade de carbonato será muito baixa em comparação com a de bicarbonato. O óxido de cálcio, reagindo com água, produz o hidróxido: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$, o hidróxido pode reagir com CO_2 , produzindo o carbonato: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Segundo Logan (1965), o carbonato somente excederá o bicarbonato quando o pH for igual ou superior a 10 (dez). O carbonato é indesejável em águas para a irrigação, pois sua presença na forma de carbonato de sódio é altamente tóxico para os vegetais.

Uma fonte de íon carbonato são as rochas calcárias, constituídas predominantemente de CaCO_3 , embora quase insolúvel pequena quantidade se dissolve em contato com água: $\text{CaCO}_3(s) \leftrightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$

Esse íon atua como base produzindo íons bicarbonato e hidróxila:



O carbonato é indesejável em águas para a irrigação, pois sua presença na forma de carbonato de sódio é altamente tóxico para os vegetais.

Os Quadros 8.25 e 8.26 mostram as faixas de variação dos teores de carbonato nos diferentes aquíferos presentes na área da RMM.

Na análise dos Quadros 8.25 e 8.26 a concentração de carbonato é muito baixa nas águas subterrâneas ocorrentes na RMM, mostrando valor médio de 0,01 a 0,02 mg/l e valores máximos de 0,40 mg/l.

Quadro 8.25 - Variação do carbonato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Carbonato mínimo (mg/l)	Carbonato máximo (mg/l)	Carbonato média (mg/l)
Barreiras	0,00	0,10	0,0008
Barreiras / Marituba	0,00	0,39	0,0002
Barreiras / Coqueiro Seco	0,01	0,01	0,01
Barreiras / Maceió	0,00	0,27	0,13
Barreiras / Poção	0,00	0,003	0,0007
Sedimentos de Praia e Aluviões	0,00	0,00	0,00
Geral	0,00	0,40	0,02

Quadro 8.26 - Variação do carbonato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Carbonato mínimo (mg/l)	Carbonato máximo (mg/l)	Carbonato média (mg/l)
Barreiras	0,00	0,17	0,01
Barreiras / Marituba	0,00	0,37	0,21
Barreiras / Coqueiro Seco	0,01	0,01	0,01
Barreiras / Maceió	0,00	0,35	0,18
Barreiras / Poção	0,00	0,01	0,00
Sedimentos de Praia e Aluviões	0,00	0,00	0,00
Geral	0,00	0,37	0,01

8.1.2.9. Nitrato

É a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas naturais, é muito solúvel e dificilmente precipita. Em meios redutores, tem a tendência de ser estável, podendo passar a N_2 ou NH_4^+ e muito raramente para nitrato (NO_3^-), em meio oxidante. É muito móvel e altamente deliquescente nas águas subterrâneas, podendo ser removido das camadas aquíferas superiores para as camadas aquíferas inferiores profundas.

O nitrato ocorre, em geral, em pequenas concentrações, representando o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Teores acima de 5 mg/l podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas, tais como: esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados e resíduos de animais.

Os resíduos de produtos protéicos provenientes de esgotos e fezes são ricos em nitrogênio e se decompõem em nitratos na presença de oxigênio, de acordo com o ciclo do nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato). A oxidação do amoníaco (NH_3) para nitrito (NO_2^-) ocorre com a participação de bactérias especializadas do grupo nitrosomonas. A oxidação do nitrito para nitrato (NO_3^-) requer a participação de bactérias autótrofas do grupo nitrobactérias. A presença de nitrito (NO_2^-) na água subterrânea é um indicativo de poluição recente.

O NO_3^- resultante de processos de nitrificação do NH_4 na zona vadosa não é atraído pelas partículas argilosas do solo por ter carga negativa, daí seu fácil acesso até as águas subterrâneas, pelo que sua presença em elevadas concentrações pode representar uma séria contaminação para essa água, com risco para os seus consumidores.

Fontes naturais de nitrato ocorrem nas águas por dissolução de evaporitos e/ou por oxidação bacteriana de matéria orgânica de origem animal. As principais fontes antrópicas de nitrato são: as atividades agrícolas através do uso de fertilizantes, lixões e esgotos não tratados.

O Ministério da Saúde (Portaria MS n.º 518, de 25 de março de 2004) estabelece o valor máximo permitido de nitrato (NO_3^-) de 10 mg/l.

Nas águas subterrâneas analisadas foi constatada a variação desse elemento nos diferentes aquíferos captados, conforme se acha apresentado nos Quadros 8.27 e 8.28.

Embora a grande maioria das águas subterrâneas amostradas (97%) esteja com valores de nitrato, abaixo do valor máximo permitido para consumo humano (19 mg/l), os valores máximos devem ser observados com cuidado, pois teores acima de 5 mg/l podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividades humanas (esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos de animais e aplicação de fertilizantes na atividade agrícola).

Quadro 8.27 - Variação do nitrato por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de Nitratos (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,55	63,00	2,42
Barreiras / Marituba	0,88	8,10	2,75
Barreiras / Coqueiro Seco	0,55	0,55	0,55
Barreiras / Maceió	1,24	1,28	1,26
Barreiras / Poção	1,60	7,12	1,77
Sedimentos de Praia e Aluviões	2,20	2,20	2,20
Geral	0,55	63,00	2,52

Quadro 8.28 - Variação do nitrato por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de Nitratos (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,56	16,40	2,10
Barreiras / Marituba	0,84	9,66	2,86
Barreiras / Coqueiro Seco	0,74	0,74	0,74
Barreiras / Maceió	1,56	3,55	2,56
Barreiras / Poção	1,54	6,63	3,43
Sedimentos de Praia e Aluviões	2,10	2,10	2,10
Geral	0,56	16,40	2,10

O nitrato foi detectado com maiores valores na 1ª etapa de amostragem nos poços da BUNGE Fertilizantes (22,19 mg/l), Loteamento Arquipelago do Sol (63,00 mg/l) e Santa Luzia 04 (12,10 mg/l) e na 2ª etapa de coleta no poço da SEMARH (15,97 mg/l), os quais revelam a ocorrência de contaminação antrópica advinda da indústria de fertilizantes, infiltração de esgotos e utilização de fertilizantes inorgânicos e orgânicos na RMM.

Concentrações elevadas de cloreto e nitrato associam-se em alguns poços, indicando a ocorrência provável de contaminação originada por infiltração de esgotos.

8.1.2.10. Sódio

O sódio é o elemento químico (metal alcalino) mais importante e abundante encontrado nas águas subterrâneas. Suas principais fontes são o mineral feldspato plagioclásio (sódico), sendo pouco resistente aos processos do intemperismo químico, e os minerais de argila.

Está presente em todas as águas, devido a suas características como:

- Distribuição ampla nos minerais fontes;
- Baixa estabilidade química dos minerais que o contém;
- Solubilidade elevada e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução.

Ocorre principalmente sob a forma de cloretos nas águas subterrâneas e é o responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico. Há, em geral, um aumento gradativo dos teores de sódio das águas subterrâneas a partir da zona de recarga do aquífero em direção as suas porções mais confinadas ou dos seus exutórios.

A variação do sódio nos diferentes aquíferos da RMM está apresentado nos Quadros 8.29 e 8.30.

Quadro 8.29 - Variação do sódio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de sódio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	7,20	78,80	20,40
Barreiras / Marituba	6,40	185,20	17,70
Barreiras / Coqueiro Seco	19,70	19,70	19,70
Barreiras / Maceió	15,50	25,20	20,35
Barreiras / Poção	15,60	22,80	19,00
Sedimentos de Praia e Aluviões	19,00	19,00	16,20
Geral	6,40	185,20	19,30

Quadro 8.30 - Variação do sódio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de sódio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	6,20	184,20	15,20
Barreiras / Marituba	6,20	82,10	12,90
Barreiras / Coqueiro Seco	15,20	15,20	15,20
Barreiras / Maceió	8,70	25,20	16,95
Barreiras / Poção	8,40	18,40	10,80
Sedimentos de Praia e Aluviões	16,20	16,20	16,20
Geral	6,20	184,20	15,20

A concentração do sódio na RMM varia entre 6,20 e 185,20 mg/l nas águas subterrâneas e tem como valor médio 19,30 mg/l. Na análise dos Quadros 8.29 e 8.30, a concentração de sódio é baixa nas águas subterrâneas ocorrentes na RMM, abaixo do valor máximo permitido (200 mg/l) da Portaria do Ministério da Saúde n.º 518, de 25 de março de 2004, mostrando alguns poços (G.Barbosa – Serraria, Shopping Iguatemi e Mc Donalds) com incrementos de sódio na 1ª e 2ª fase de amostragem, indicando uma provável contaminação antrópica.

8.1.2.11. Cálcio

O cálcio é o mais abundante metal alcalino-terroso existente na maioria das águas e rochas do planeta terra, devido à riqueza do elemento em rochas silicatadas e carbonatadas na litosfera e está geralmente sob a forma de carbonato e bicarbonato. As principais fontes de cálcio são os minerais de: calcita, aragonita e dolomita em rochas calcárias, anidrita, gesso, apatita, volastonita, fluorita, os feldspatos cálcicos, os anfibólios e os piroxênios, sendo o feldspato plagioclásio e apatita as maiores fontes de cálcio de rochas ígneas para as águas subterrâneas.

Os sais de cálcio possuem moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio (CaCO₃). É um dos principais constituintes da água e o principal responsável pela dureza. Apresenta-se, em geral, sob a forma de bicarbonato e raramente como carbonato. A solubilidade do bicarbonato de cálcio (CaCO₃) aumenta em presença de sais de Na⁺ e K⁺.

Nas águas meteóricas os teores de cálcio variam no intervalo 0,1 a 10 mg/l e nas águas do oceano Atlântico os valores oscilam em torno de 480 mg/l. Nas águas subterrâneas, os teores de cálcio variam, em geral, entre 10 e 100 mg/l.

De acordo com os dados do Quadro 8.31 e 8.32, constatou-se que os valores de cálcio nas águas subterrâneas da RMM são baixos, variando no intervalo de 1,60 a 114,02, com valor médio de 4,07 mg/l. Os poços que apresentaram anomalias de cálcio foram Colégio Santa Úrsula (114,02 mg/l) e Mc Donalds (97,73 mg/l).

Quadro 8.31 - Variação do cálcio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de cálcio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	1,60	28,50	4,07
Barreiras / Marituba	1,63	114,02	2,44
Barreiras / Coqueiro Seco	2,44	2,44	2,44
Barreiras / Maceió	4,00	28,50	16,25
Barreiras / Poção	1,63	3,25	2,44
Sedimentos de praia e Aluviões	4,07	4,07	4,07
Geral	1,60	114,02	3,26

Quadro 8.32 - Variação do cálcio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de cálcio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	1,63	24,43	4,07
Barreiras / Marituba	1,63	114,02	4,07
Barreiras / Coqueiro Seco	4,07	4,07	2,44
Barreiras / Maceió	1,63	28,50	15,07
Barreiras / Poço	1,63	2,44	1,63
Sedimentos de Praia e Aluviões	4,07	4,07	4,07
Geral	1,63	114,02	4,07

8.1.2.12. Potássio

Está geralmente associado ao sódio, pois pertencem ao mesmo grupo dos metais alcalinos, mas ocorre em pequenas concentrações ou está ausente nas águas subterrâneas, devido a sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais.

As principais fontes de potássio são os minerais de feldspatos potássicos, micas e leucitas em rochas ígneas e metamórficas. Altas concentrações de potássio podem ser encontradas nos minerais de carnalita e silvinita em evaporitos.

Nas águas subterrâneas os teores de potássio são inferiores a 10 mg/l, sendo mais frequentes teores entre 1 e 5 mg/l, enquanto nas águas meteóricas os teores de potássio variam, normalmente, no intervalo de 0,1 a 4 mg/l e nas águas do oceano atlântico apresentam, em média, 400 mg/l de potássio.

Valor anômalo de potássio, sucedeu no poço da G.Barbosa – Serraria (51,00 mg/l) e BUNGE Fertilizantes (33,00 mg/l), provavelmente por contaminação dos componentes químicos tóxicos utilizados naquela indústria, a exemplo do nitrato.

Na análise do Quadro 8.33 e 8.34, a concentração de potássio é baixa nas águas subterrâneas ocorrentes na RMM, com valor médio de 1,00 mg/l.

Quadro 8.33 - Variação do potássio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de potássio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,20	33,00	1,20
Barreiras / Marituba	0,30	12,50	0,80
Barreiras / Coqueiro Seco	19,70	19,70	19,70
Barreiras / Maceió	0,70	6,40	3,55
Barreiras / Poço	0,50	1,00	0,80
Sedimentos de Praia e Aluviões	1,60	1,60	1,60
Geral	0,20	33,00	1,00

Quadro 8.34 - Variação do potássio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de potássio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,40	51,00	1,60
Barreiras / Marituba	0,30	9,00	1,00
Barreiras / Coqueiro Seco	1,30	1,30	1,30
Barreiras / Maceió	0,30	5,20	2,75
Barreiras / Poção	0,30	0,90	0,50
Sedimentos de Praia e Aluviões	1,30	1,30	1,30
Geral	0,30	51,00	1,00

8.1.2.13. Magnésio

O magnésio possui um comportamento geoquímico semelhante ao cálcio e, geralmente, estão sempre acompanhados, porém mais solúvel e mais difícil de precipitar. Diferente do cálcio, forma sais mais solúveis. O magnésio ocorre principalmente em rochas carbonatadas.

Os minerais fontes de magnésio mais frequentes são: magnesita, biotita, granada, hornblenda, dolomita, clorita, alanita, piroxênio e olivina. Esses minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso sua concentração nas águas subterrâneas é menor do que a concentração do cálcio.

Sua presença nas águas subterrâneas ocorre com teores entre 1 e 40 mg/l. As águas meteóricas apresentam teores de magnésio entre o intervalo 0,4 a 1,6 mg/l e a água marinha do oceano Atlântico tem valor médio de aproximadamente 1.410 mg/l. Quando em solução, tem a tendência de nela permanecer, daí o enriquecimento dos seus sais nas águas salgadas dos oceanos.

Juntamente com o cálcio é o responsável pela dureza. Produz gosto salobro nas águas. Ocorre sob a forma geral de bicarbonato.

É benéfico à agricultura, pois é um dos principais componentes da clorofila, porém, em teores mais elevados, é maléfico.

Os Quadros 8.35 e 8.36 mostram as faixas de variação dos teores de magnésio nos diferentes aquíferos presentes na área da RMM, para a 1ª e 2ª campanha de amostragem de águas subterrâneas, respectivamente.

Na análise do Quadro 8.36 a concentração de magnésio é baixa nas águas subterrâneas ocorrentes na RMM, mostrando valor médio de 2,43 mg/l e valores máximos de 77,76 mg/l.

Quadro 8.35 - Variação do magnésio por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de magnésio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,97	13,61	2,43
Barreiras / Marituba	0,49	72,90	3,40
Barreiras / Coqueiro Seco	1,94	1,94	1,94
Barreiras / Maceió	2,43	21,87	12,15
Barreiras / Poção	0,97	1,46	1,46
Sedimentos de Praia e Aluviões	3,40	3,40	3,40
Geral	0,49	72,90	2,92

Quadro 8.36 - Variação do magnésio por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de magnésio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,97	19,44	2,43
Barreiras / Marituba	0,97	77,76	4,86
Barreiras / Coqueiro Seco	1,94	1,94	1,94
Barreiras / Maceió	3,89	21,87	12,88
Barreiras / Poção	0,97	1,94	1,46
Sedimentos de Praia e Aluviões	3,40	3,40	3,40
Geral	0,97	77,76	2,43

8.1.2.14. Sílica

A sílica é um óxido que resulta da combinação do oxigênio com o silício, com a fórmula química SiO_2 . A dissolução da sílica em teores elevados só é possível a grandes temperaturas.

O silício é o elemento mais largamente distribuído em rochas. Em contrapartida, não ocorre em quantidades significativas nas águas subterrâneas, sendo comuns teores entre 1 e 40 mg/l. Aparece frequentemente sob a forma de partículas coloidais (SiO_4H_4), devido principalmente a sua alta estabilidade química na maioria de seus minerais, além da baixa solubilidade dos compostos que forma no intemperismo das rochas.

Nas águas bicarbonatadas sódicas, originadas a grandes profundidades, os teores podem atingir valores na ordem dos 100 mg/l e nas águas muito básicas, valores na ordem dos 1000 mg/l. Teores de 20 mg/l, nas águas subterrâneas, não são raros. Nos oceanos, os teores de sílica (SiO_2) variam entre 1 e 30 mg/l.

O intemperismo de minerais de argila e os feldspatos constituem as principais fontes de sílica para as águas subterrâneas. Outra importante fonte de liberação do silício é o quartzo (SiO₂), que é um dos mais resistentes minerais ao ataque físico-químico.

Sua presença nas águas não prejudica à saúde nem à agricultura, porém é prejudicial quando utilizadas para fins industriais, porque a sílica forma incrustações resistentes, principalmente em caldeiras.

Os teores de sílica dissolvida variam entre o mínimo de 0,20 mg/l e o máximo de 93,37 mg/l, sendo o teor médio de 7,37 mg/l. Entre os intervalos de 0,20 a 18,37 mg/l, encontram-se 86,5% do total das amostras de água subterrânea coletadas na primeira e segunda etapa do projeto.

Os Quadros 8.37 e 8.38 mostram a variação da sílica por aquífero na RMM.

Quadro 8.37 - Variação da sílica por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de magnésio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,37	93,37	8,37
Barreiras / Marituba	0,20	42,70	5,20
Barreiras / Coqueiro Seco	9,03	9,03	9,03
Barreiras / Maceió	10,20	93,37	51,79
Barreiras / Poção	6,70	8,87	5,03
Sedimentos de Praia e Aluviões	10,26	10,70	8,70
Geral	0,20	93,37	7,37

Quadro 8.38 - Variação da sílica por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de magnésio (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	1,70	72,10	8,37
Barreiras / Marituba	0,30	9,00	1,00
Barreiras / Coqueiro Seco	9,52	9,52	9,52
Barreiras / Maceió	6,37	93,37	49,87
Barreiras / Poção	3,53	8,87	5,03
Sedimentos de Praia e Aluviões	10,26	10,26	10,26
Geral	1,70	93,37	5,03

8.1.2.15. Ferro

O ferro ocorre geralmente associado ao manganês e confere à água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado. O ferro pode estar presente com baixos teores (< 0,3 mg/l) na maioria das águas naturais e ocorre sob diversas formas químicas e geralmente o ferro analisado é expresso em termos de ferro total em mg/l.

Ocorre principalmente sob a forma de Fe^{+3} (hidróxido férrico) podendo também ocorrer como Fe^{+2} (hidróxido ferroso). O ferro, no estado ferroso, é instável na presença do oxigênio do ar, mudando para o estado férrico. Quando a água que o contém é exposta ao oxigênio do ar, os íons ferrosos se oxidam tornando-se férricos.

Os minerais ferromagnesianos, componentes das diversas litologias ou de solos lateríticos, tais como piroxênios, olivinas, biotita, magnetita, pirita e anfibólios, são os principais minerais portadores de ferro. Nos arenitos e nos folhelhos, os óxidos, os carbonatos e os hidróxidos de ferro constituem muitas vezes o material de cimentação.

Em ambientes oxidantes o Fe^{2+} passa a Fe^{3+} dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam com uma coloração avermelhada a amarelada.

Alto teor de ferro na água subterrânea pode estar ligado à ocorrência de ferrobactérias ou mesmo à corrosão do revestimento ou filtro do poço. A variação de ferro por aquífero na RMM são apresentadas nos Quadros 8.39 e 8.40.

Os teores de ferro variam entre o mínimo de 0,03 mg/l e o máximo de 5,00 mg/l, sendo o teor médio de 0,10 mg/l. Entre os intervalos de 0,03 a 0,30 mg/l, encontram-se 91,5% do total das amostras de água subterrânea coletadas na primeira e segunda etapa do projeto.

Quadro 8.39 - Variação do ferro por aquífero na RMM da 1ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de ferro (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,04	3,65	0,10
Barreiras / Marituba	0,06	0,25	0,11
Barreiras / Coqueiro Seco	0,39	0,39	0,39
Barreiras / Maceió	0,12	0,92	0,52
Barreiras / Poção	0,07	0,27	0,11
Sedimentos de Praia e Aluviões	0,10	0,10	0,10
Geral	0,04	3,65	0,10

Quadro 8.40 - Variação do ferro por aquífero na RMM da 2ª campanha de amostragem.

Aquífero	Valores de ferro (mg/l)		
	Mínimo	Máximo	Média
Barreiras	0,03	5,00	0,10
Barreiras / Marituba	0,03	5,00	0,08
Barreiras / Coqueiro Seco	0,26	0,26	0,26
Barreiras / Maceió	0,04	0,10	0,07
Barreiras / Poção	0,06	0,15	0,11
Sedimentos de Praia e Aluviões	0,11	0,11	0,11
Geral	0,03	5,00	0,10

8.1.3. Classificação das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió

Para melhor caracterizar a composição físico-química e definir o padrão hidroquímico das águas subterrâneas da RMM, as mesmas foram classificadas quanto aos sólidos Totais Dissolvidos, à dureza total, ao pH e aos íons dominantes, conforme está apresentado a seguir.

8.1.3.1. Classificação pelos Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos é o peso dos sais em mg/l resultantes da evaporação de um (1) litro d'água, após a filtragem para a remoção de materiais em suspensão. Segundo Custodio & Llamas (1983) pode-se classificar as águas pelo resíduo seco (equivalente aos Sólidos Totais Dissolvidos) em "doce", "salobra", "salgada" e salmoura. Segundo os critérios utilizados no Quadro 8.41, abaixo descritos, que foram aplicados a RMM, o resultado desta classificação mostra que a totalidade das águas subterrâneas da área pesquisada pode ser classificada como água doce.

Segundo a Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, os Valores Máximos Permitidos (VMP) para os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para o consumo humano é de 1.000 mg/l, na RMM apenas dois poços apresentaram águas com valores de STD acima de 1000 mg/l, conforme quadro 8.42.

Quadro 8.41 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

Tipos de águas	Intervalo (mg/l)	Frequência	%
Doce	0-2.000	100	100
Salobra	2.001-5.000	0	0
Salgada	5.001-40.000	0	0
Salmoura	> 40.000	0	0

Quadro 8.42 – Locais que apresentaram valores anômalos de STD.

Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	STD mg/l
		N	E		
Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	1.136
Mc Donalds	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	1.357
Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	Bar/Mar	863
G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	Barreiras	939

8.1.3.2. Classificação pela Dureza Total

Segundo Custodio & Llamas (1983) e Santos (2008) a dureza é definida como o poder de consumo de sabão por determinada área ou a capacidade da água de neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio, magnésio ou outros elementos (Fe, Mn, Cu, Ba).

Em geral usa-se o teor de cálcio e magnésio (Ca + Mg) de uma água, expresso em teores de cálcio, para definir a dureza, que pode ser expressa em:

- Dureza de Carbonatos ou Dureza Temporária: é a dureza causada pela parte do cálcio e do magnésio que se combina com o bicarbonato e carbonato, podendo ser eliminada com a ebulição da água.
- Dureza de não carbonatos (cloretos e sulfatos) ou dureza permanente: é a dureza que persiste após a fervura (ebulição) da água, e é motivada pela parte do cálcio e do magnésio que se combina com os íons de sulfato, cloreto, nitrato e outros.
- Dureza total: é a soma da dureza de carbonatos com a dureza dos não carbonatos, e é devida a presença de compostos de cálcio e magnésio. Estes elementos estão geralmente sob a forma de bicarbonatos, sulfatos e cloretos.

As águas duras são incrustantes e produzem grandes consumos de sabão, além de dificultar o cozimento dos alimentos.

Segundo Custódio & Llamas (1983), pode-se classificar as águas subterrâneas da RMM pela dureza em: branda, pouco dura, dura e muito dura. Esta classificação foi aplicada para os dados da dureza total da área estudada, obedecendo às seguintes classes descritas nos Quadros 8.43 e 8.44 e Figuras 8.12 e 8.13.

Nota-se, portanto, que a maioria das águas subterrâneas na RMM (86,5%) se enquadra no intervalo de águas brandas, e a média da dureza total obtida na RMM é de 20 mg/l de CaCO₃. Este valor médio é baixo quando comparado aos padrões de potabilidade para o consumo humano recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e cujo valor máximo tolerado é da ordem de 500 mg/l de CaCO₃.

Quadro 8.43 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pela dureza total da 1ª campanha de amostragem.

Classe de águas	Intervalo (mg/l de CaCO ₃)	Frequência	%
Branda	< 50	88	88
Pouco Dura	50-100	6	6
Dura	101-200	4	4
Muito Dura	> 200	2	2
Total		100	100

Quadro 8.44 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pela dureza total da 2ª campanha de amostragem.

Classe de águas	Intervalo (mg/l de CaCO ₃)	Frequência	%
Branda	< 50	85	85
Pouco Dura	50-100	8	8
Dura	101-200	5	5
Muito Dura	> 200	2	2
Total		100	100



Figura 8.12 – Classificação pela dureza das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

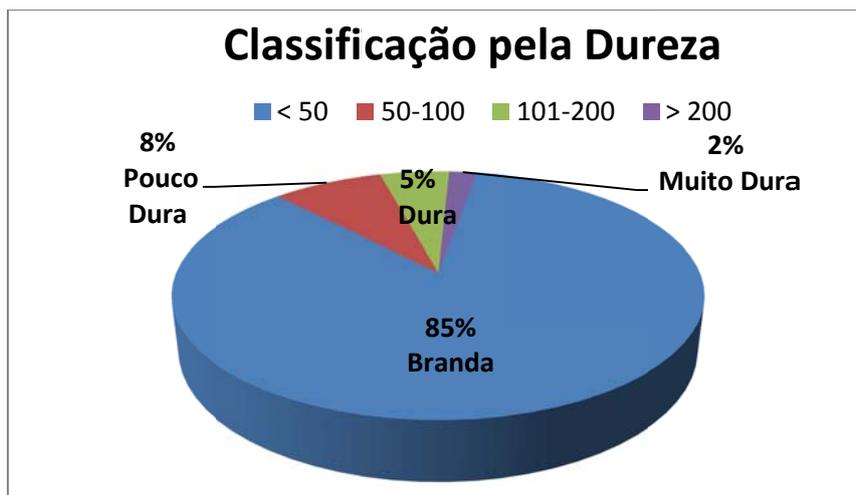


Figura 8.13 – Classificação pela dureza das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

Outras informações sobre a dureza são apresentadas no item 8.1.2.4.

8.1.3.3. Classificação pelo pH

O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água. O pH das águas subterrâneas comumente encontra-se no intervalo de 6 a 8,5. Na área estudada as águas subterrâneas podem ser classificadas segundo o pH em básicas (alcalinas), ácidas e neutras, como exposto nos Quadros 8.45 e 8.46 e nas Figuras 8.14 e 8.15.

Quadro 8.45 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pelo pH da 1ª campanha de amostragem.

Tipos de Águas	Intervalo	Frequência	%
Ácida	<7	65	65
Neutra	=7	1	1
Básica	>7	34	34
Total			100

Quadro 8.46 - Classificação das águas subterrâneas da RMM pelo pH da 2ª campanha de amostragem.

Tipos de Águas	Intervalo	Frequência	%
Ácida	<7	26	26
Neutra	=7	1	1
Básica	>7	73	73
Total	-	100	100



Figura 8.14 – Classificação pelo pH das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.



Figura 8.15 – Classificação pelo pH das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

Pode-se verificar que a maioria das águas subterrâneas (65%) da RMM, da 1ª campanha de amostragem, se enquadra na categoria de águas ácidas, enquanto que a maioria das águas subterrâneas (73%) da RMM, da 2ª campanha de amostragem se enquadra na categoria de águas básicas (alcalinas). As águas subterrâneas rasas, incluindo as águas dos aquíferos freáticos, têm pH influenciado principalmente pelo CO₂ e ácidos orgânicos.

As águas ácidas de recarga (águas pluviométricas) tem uma maior concentração de CO₂ livre e em períodos mais chuvosos podem influenciar os valores de pH das águas subterrâneas. Esse pequeno aumento no valor do pH das amostras de água subterrâneas da segunda etapa, parece estar condicionado ao aumento dos valores de bicarbonatos e/ou diminuição do CO₂ e dos ácidos orgânicos nos aquíferos desta área pesquisada, que reduz a acidez das águas subterrâneas e eleva o pH.

Observa-se pelos resultados analíticos da 1ª e 2ª campanha de amostragem, que 25% das análises de pH das águas subterrâneas da RMM estão fora do intervalo dos valores recomendados (6,0 a 9,5) pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

8.1.3.4. Classificação das Águas Segundo os Íons Dominantes

As águas subterrâneas da RMM foram classificadas quanto à dominância dos íons (Quadros 8.47, 8.48, 8.49, 8.50, 8.51 e 8.52 e Figuras 8.16, 8.17, 8.18, 8.19, 8.20 e 8.21) com base nos valores de cátions e ânions. Sabe-se que certos íons são dominantes quando as suas concentrações ultrapassam 50% da soma em miliequivalentes de todos os íons monovalentes. Se nenhum deles ultrapassar este valor, a água é denominada de acordo com os dois ânions ou cátions mais abundantes.

Predominam nas águas subterrâneas da RMM as dos tipos cloretadas sódicas e sulfatadas sódicas.

Quadro 8.47 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

Classificação Aniônica	Quantidade	%
Cloretada	38	38
Bicarbonatada	1	1
Sulfatada	32	32
Mista	29	29
Total	100	100

Quadro 8.48 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

Classificação Aniônica	Quantidade	%
Cloretada	50	50
Bicarbonatada	2	2
Sulfatada	15	15
Mista	33	33
Total	100	100

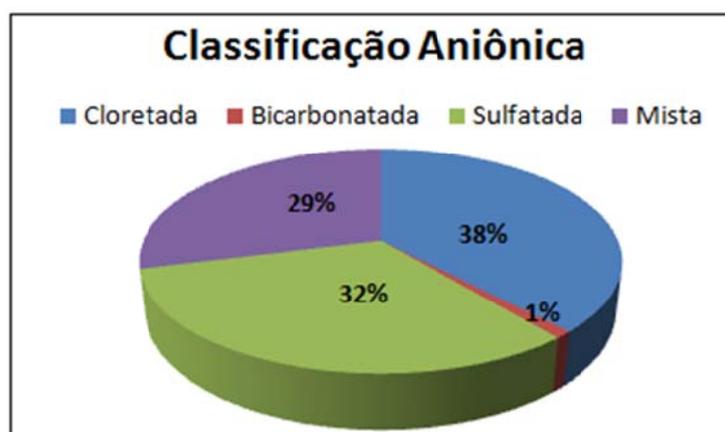


Figura 8.16 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

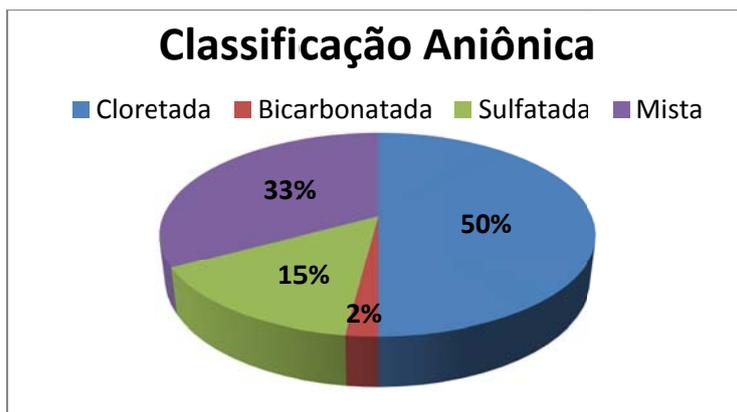


Figura 8.17 – Classificação aniônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

Quadro 8.49 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

Classificação Catiônica	Quantidade	%
Sódica	86	86
Mista	14	14
Total	100	100

Quadro 8.50 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

Classificação Catiônica	Quantidade	%
Magnesiana	1	1
Sódica	82	82
Mista	17	17
Total	100	100

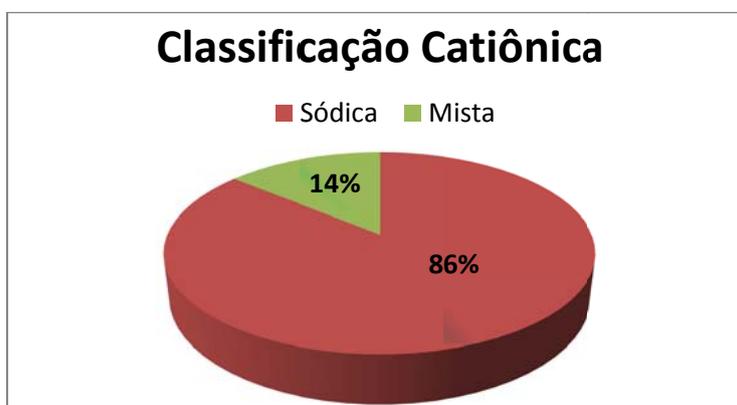


Figura 8.18 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

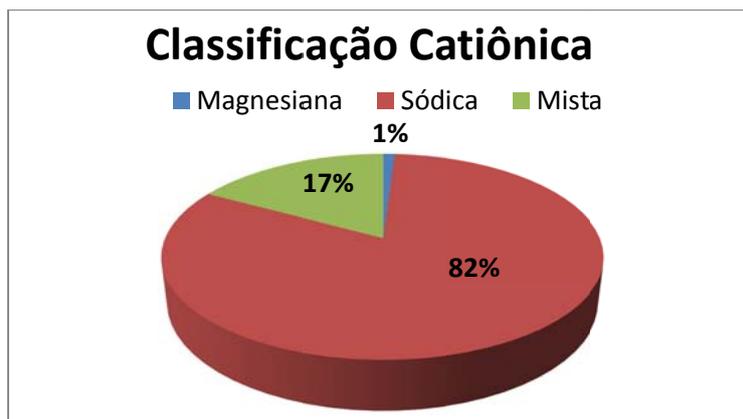


Figura 8.19 – Classificação catiônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

Quadro 8.51 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 1ª campanha de amostragem.

Classificação Iônica	Número de dados	%
Cloretada Sódica	35	35
Cloretada Mista	3	3
Bicarbonatada Mista	1	1
Sulfatada Sódica	28	28
Sulfatada Mista	4	4
Mista Sódica	23	23
Mista Mista	6	6
Total	100	100

Quadro 8.52 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 2ª campanha de amostragem.

Classificação Iônica	Número de dados	%
Cloretada Sódica	42	42
Cloretada Mista	8	8
Bicarbonatada Mista	2	2
Sulfatada Sódica	14	14
Sulfatada Mista	1	1
Mista Sódica	26	26
Mista Magnesiana	1	1
Mista Mista	6	6

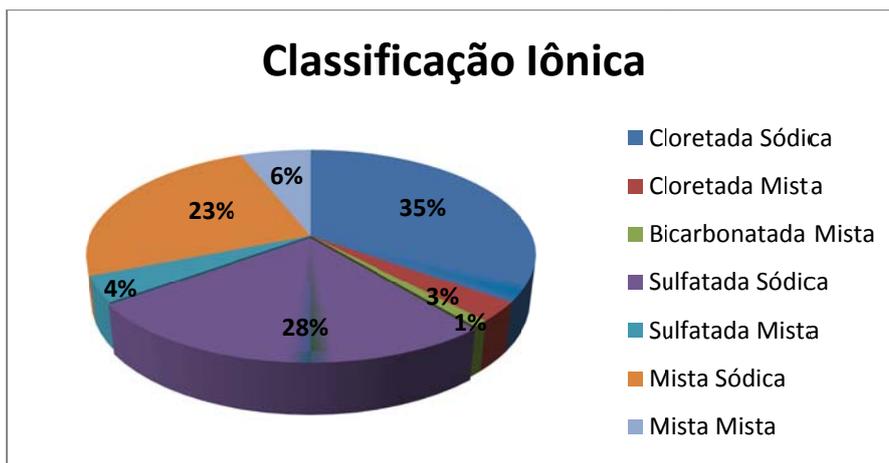


Figura 8.20 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 1ª campanha de amostragem.

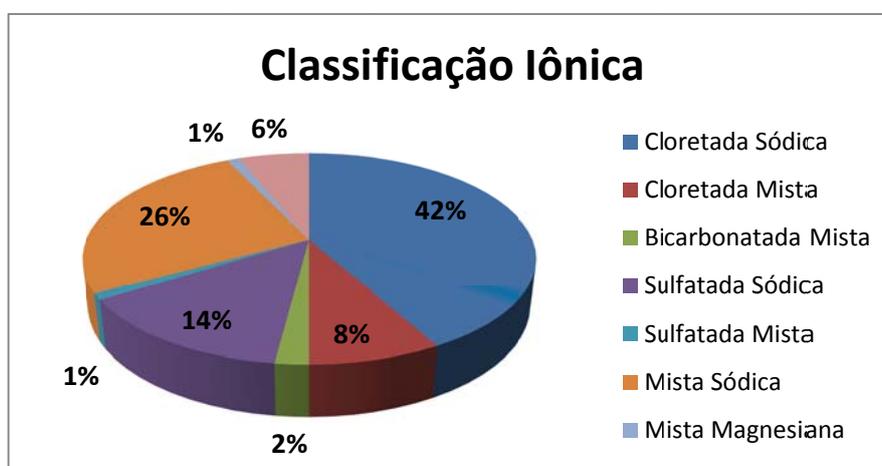


Figura 8.21 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pelos íons dominantes da 2ª campanha de amostragem.

Observa-se nas Figuras 8.16 a 8.21 e nos Quadros 8.47 a 8.52 que a maioria das águas subterrâneas da RMM apresenta similaridade de composição química, independentemente da camada aquífera em que se encontram armazenadas e predominam águas cloretadas sódicas, sulfatada sódica e mistas sódicas.

A seguir estão representados os diagramas de Piper para os poços amostrados na RMM. No diagrama de Piper verificam-se as relações $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- . A maioria dos pontos amostrados indica que as águas apresentam características hidroquímicas cloretadas a sulfatadas sódicas (figuras 8.22 e 8.23).

As Figuras 8.22 e 8.23 vêm a corroborar por meio do diagrama de Piper, as classificações acima descritas.

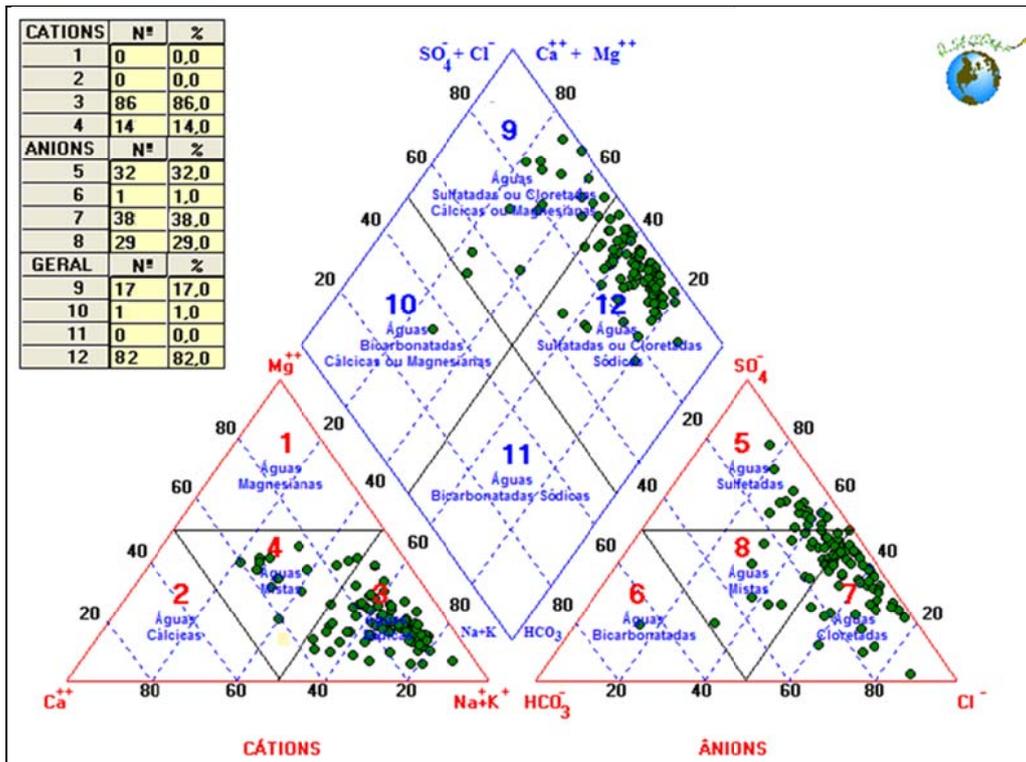


Figura 8.22 - Gráfico triangular de Piper para classificação iônica das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem.

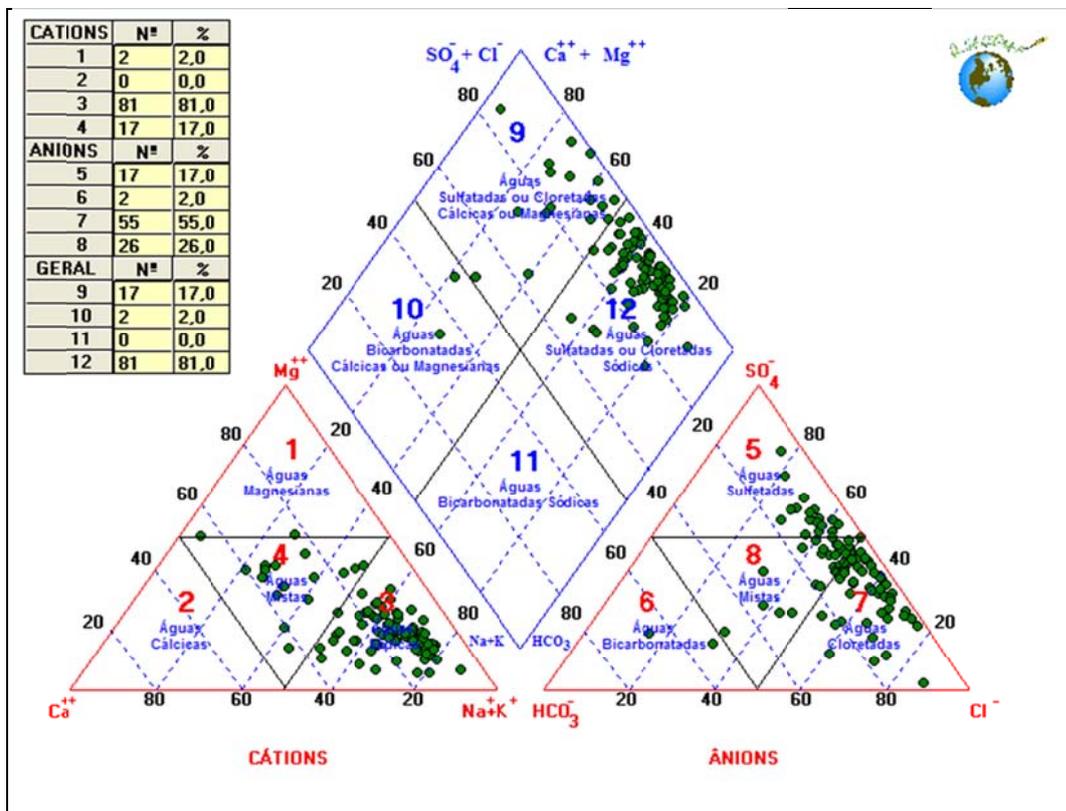


Figura 8.23 - Gráfico triangular de Piper para classificação iônica das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem.

8.1.4 Classificações Quanto aos Usos Preponderantes das Águas Subterrâneas

8.1.4.1. Qualidade das Águas para o Consumo Humano

As características que delimitam o modelo de água destinada ao abastecimento doméstico denominadas padrões de potabilidade de consumo humano, compreendem critérios essenciais e critérios complementares. Os primeiros dizem respeito, principalmente, à proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas.

Os critérios complementares visam o controle da qualidade no que diz respeito ao aperfeiçoamento da água em aspectos estéticos, organolépticos e econômicos, que embora desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, temperatura, pH).

As águas geralmente são consideradas potáveis quando podem ser consumidas pelo homem sem ocasionar prejuízos a sua saúde. Os padrões internacionais de potabilidade para o consumo humano variam em cada país em função das peculiaridades locais. Entretanto há uma tendência mundial de padronização das normas existentes, através da Organização Mundial de Saúde (OMS). Em épocas passadas, os padrões de potabilidade da água eram regidos apenas pela avaliação dos sentidos da visão, gustação e olfato.

A evolução das técnicas de análises químicas, físico-químicas, biológicas e radiológicas ao longo do tempo, permitiu o aprimoramento dos padrões de potabilidade da água para o consumo humano, embora ainda existam nas águas, constituintes químicos de natureza inorgânica e orgânica, ainda pouco estudados em termos de avaliações e normas de potabilidade.

Para a água destinada ao consumo humano ser considerada potável, as características químicas têm que obedecer a padrões preestabelecidos e/ou regulamentadas em normas, através de uma legislação específica.

A classificação das águas subterrâneas em função das características hidrogeológicas naturais e seus níveis de poluição foi estabelecida pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396, de 03 de abril de 2008. A tabela 8.2 apresenta os valores Máximos Permitidos (VMP) e os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP) dos parâmetros químicos e microbiológicos das águas subterrâneas da RMM, de acordo com a Resolução CONAMA nº 396, para cada um dos usos considerados como preponderantes.

Com base nos dados da Tabela 8.2, os Valores Máximos Permitidos (VMP) dos diferentes parâmetros físico-químicos foram comparados com os teores encontrados na área estudada, donde se pode tecer as seguintes considerações sobre a potabilidade das águas subterrâneas:

- 2,5% das águas analisadas apresentam teor de cloretos superior ao limite padronizado (250 mg/l), chegando a atingir 385,47 mg/l (poço Colégio Santa Úrsula) no aquífero Barreiras/Marituba. A presença de outros poços com baixa concentração de cloretos nas suas proximidades e do elevado teor de ferro desses poços (5,00 mg/l), indicam uma salinização originária das camadas superiores tanto através da descontinuidade das camadas confinantes quanto através de falhas construtivas dos poços: Shopping Iguatemi, Colégio Santa Ursula, G.Barbosa - Serraria e Mc Donalds;
- 8,5% das águas analisadas apresentam teor de ferro total superior ao limite padronizado (0,3 mg/l), chegando a atingir 5,00 mg/l, nos poços: Colégio Santa Úrsula, G.Barbosa – Serraria, Instituto da Visão, Troia e Bunge Fertilizantes e 3,65 no poço do Loteamento Arquipélago do Sol;

- 3% das águas analisadas e 8% das águas do aquífero Barreiras apresentam teores de nitrato superior ao limite padronizado (10 mg/l), chegando a atingir 63,0 mg/l no poço do Loteamento Arquipélago do Sol, a contaminação se dar provavelmente em função de poço raso mal construído, permitindo a migração de contaminantes provenientes da superfície do terreno. A origem da contaminação de nitrato é um foco individual, no poço da SEMARH (13,24 mg/l), que provavelmente é devido ao lixão localizado próximo e a montante do mesmo. Ao passo que no poço da BUNGE Fertilizantes (22,19 mg/l), a contaminação é proveniente do nitrato dos fertilizantes, comprovada também pelo elevado teor de potássio (33,00 mg/l). Lixões e efluentes industriais têm sido responsáveis pela contaminação de aquíferos em várias pesquisas no Brasil e no mundo;
- Nenhuma amostra excedeu os limites dos Valores Máximos Permitidos para o nitrito e o sódio;
- Apenas dois poços (1 %) apresentaram águas com teores de sólidos totais, superior ao Valor Máximo Permitido (VMP) de 1.000 mg/l. A existência de outros poços com água doce, nas suas proximidades, sugerem uma propagação vertical de águas salinizadas provenientes das camadas superiores salinizadas, através da descontinuidade das camadas confinantes e/ou através de falhas construtivas do poço do Colégio Santa Ursula (1136 mg/l) e do poço da Mc Donalds (1357 mg/l) ;
- 1,5% das águas subterrâneas analisadas apresentaram valores acima dos VMP para o sulfato (poços: Mc Donalds - 637,78mg/l ; Bunge Fertilizantes - 340,45mg/l e Colégio Santa Úrsula - 435,78mg/l);
- Uma análise mais aprofundada, para a origem dos contaminantes desses pontos anômalos, foi comprometida devido à falta de perfis litológicos e construtivos dos poços.

Tabela 8.2 – Parâmetros e limites para os diversos usos (CONAMA-Portaria 396/2008).

PARÂMETROS	Unid.	Nº CAS	Usos Preponderantes da Água				Limite de Quantificação Praticável (LQP)
			Consumo Humano	Pecuária	Irrigação	Recreação	
Parâmetros inorgânicos das águas subterrâneas							
Cloreto	µg.l ⁻¹	16887-00-6	250.000 (*)	-	100.000 700.000	400.000	2.000
Ferro	µg.l ⁻¹	7439-89-6	300 (*)	-	5.000	300	100
Nitrato (expresso em	µg.l ⁻¹	14797-55-8	10.000	90.000	-	10.000	300
Nitrito (expresso em	µg.l ⁻¹	14797-65-0	1.000	10.000	1.000	1.000	20
Sódio	µg.l ⁻¹	7440-23	200.000	-	-	300.000	1.000
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	µg.l ⁻¹	-	1.000.000 (1)	-	-	-	2.000
Sulfatos	µg.l ⁻¹	-	250.000 (1)	1.000.000	-	400.000	5.000
Parâmetros orgânicos das águas subterrâneas							
Benzeno	µg.l ⁻¹	71-43-2	5	-	-	10	2
Etilbenzeno	µg.l ⁻¹	100-41-4	200 (*)	-	-	-	5
Fenóis (10)	µg.l ⁻¹	-	3	2	-	2	10
Tolueno	µg.l ⁻¹	108-88-3	170	24	-	--	5
Xileno Total (0+m+p)	µg.l ⁻¹	108-38-3	300	-	-	-	5 para cada
Microorganismos das águas subterrâneas							
<i>E. coli</i>	nº/100ml	-	Ausentes	200	-	800	-
<i>Enterococos</i>	nº/100ml	-	-	-	-	100	-
Coliformes termotolerante	nº/100ml	-	Ausentes	200	-	1.000	-

Notas: (*) – Efeito organoléptico

A partir desses dados, pode-se admitir que a grande maioria das águas subterrâneas, do ponto de vista dos parâmetros inorgânicos analisados, possa ser considerada potável para o consumo humano e que as contaminações ocorrentes, fortemente correlacionam-se a fontes pontuais de contaminação, problemas construtivos dos poços (falta de proteção sanitária, deficiência na cimentação do poço e posicionamento inadequados dos filtros) e a bombeamento excessivo.

8.1.4.2. Qualidade da Água para Uso Agrícola

Para estabelecer critérios na classificação das águas para o consumo agrícola, adotou-se no presente trabalho, a classificação de água para irrigação do *United States Salinity Laboratory* (USSL), sendo a classificação mais aceita e utilizada atualmente.

A Razão de Adsorção de Sódio (RAS), conhecida na literatura inglesa como SAR (*sodium adsorption ratio*), é utilizada, juntamente com a condutividade elétrica, para a classificação da água para fins de irrigação, indicando se a água é apropriada ou não para tais fins. Quanto maior o SAR menos apropriada ela será para fins de irrigação.

O RAS é uma razão que indica a percentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvido pelo solo e é calculado através da seguinte equação:

$$RAS = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{r(Ca + Mg)}{2}}} \quad (8.4)$$

Onde:

rNa – razão de adsorção de sódio

$r(Ca + Mg)$ – razão de adsorção de cálcio + magnésio

Para análise do parâmetro RAS (em miliequivalentes), utilizou-se a classificação do Quadro 8.53.

Quadro 8.53 – Classificação das águas subterrâneas da RMM pela Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

Classificação	RAS	N.º de Dados na RMM	%
Excelente	0-10	200	100
Boa	10-18	0	0
Regular	18-26	0	0
Mal	> 26	0	0

Analisando o Quadro 8.53, e segundo a classificação supracitada, observa-se que 100% das análises das águas subterrâneas da RMM enquadram-se na primeira classe, ou seja, classificadas como excelentes para fins de irrigação.

Os efeitos que a água subterrânea podem causar no vegetal e no solo, podem ser quantificados através da proposta de classificação do *United States Salinity Laboratory* (USSL), que toma em consideração o valor do RAS e o da condutividade elétrica da água. Esta Classificação propõe vinte e quatro (24) categorias de águas correlacionadas ao risco de alcalinização e salinização do solo. Os resultados dessa classificação para as águas subterrâneas da RMM estão ilustrados nas Figuras 8.24 e 8.25 e nos Quadros 8.54 e 8.55.

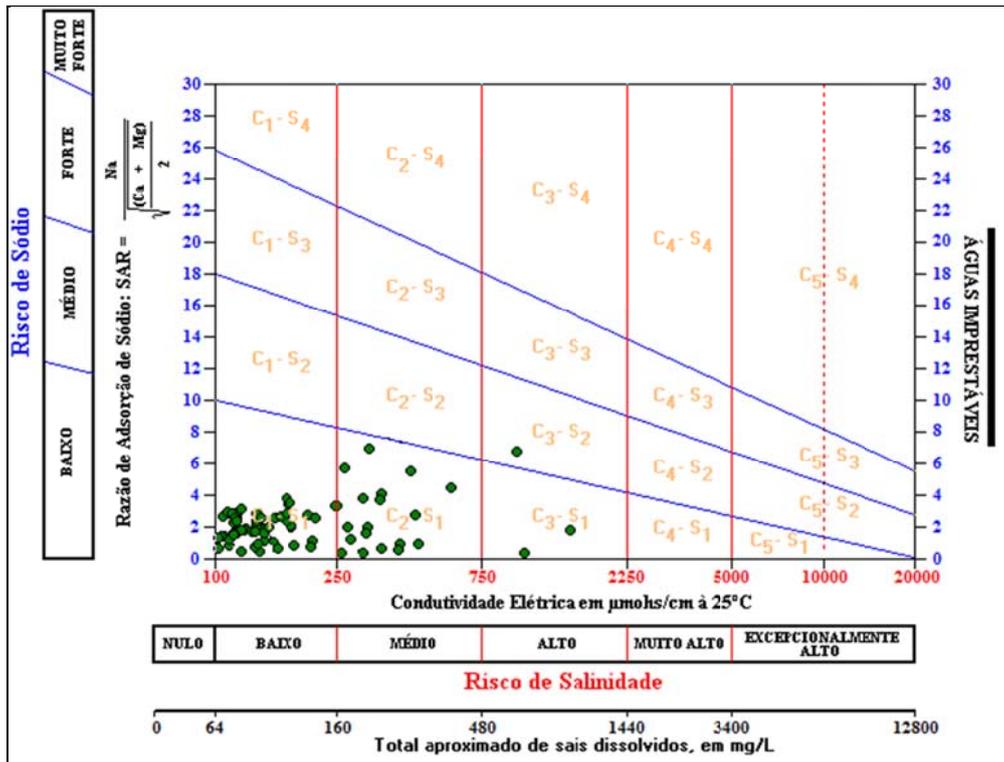


Figura 8.24 – Gráfico para a classificação das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia da *United States Salinity Laboratory* (USSL).



Figura 8.25 – Gráfico para a classificação das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia da *United States Salinity Laboratory* (USSL).

Quadro 8.54 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do *United States Salinity Laboratory* (USSL).

Categorias	Risco de Sódio	Risco de Salinização	N.º de Dados na RMM	%
C ₀ S ₁	Baixo	Nulo	11	11
C ₁ S ₁	Baixo	Baixo	68	68
C ₂ S ₁	Baixo	Médio	18	18
C ₃ S ₁	Baixo	Alto	2	2
C ₅ S ₁	Baixo	Excepcionalmente alto	0	0
C ₂ S ₂	Médio	Médio	0	0
C ₃ S ₂	Médio	Alto	1	1
C ₂ S ₃	Forte	Médio	0	0
C ₄ S ₃	Forte	Muito alto	0	0
C ₂ S ₄	Muito forte	Médio	0	0
C ₄ S ₄	Muito forte	Muito alto	0	0
C ₅ S ₄	Muito forte	Excepcionalmente alto	0	0
Total	-	-	100	100

Quadro 8.55 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do *United States Salinity Laboratory* (USSL).

Categorias	Risco de Sódio	Risco de Salinização	N.º de Dados na RMM	%
C ₀ S ₁	Baixo	Nulo	47	47
C ₁ S ₁	Baixo	Baixo	44	44
C ₂ S ₁	Baixo	Médio	7	7
C ₃ S ₁	Baixo	Alto	1	1
C ₅ S ₁	Baixo	Excepcionalmente alto	0	0
C ₂ S ₂	Médio	Médio	0	0
C ₃ S ₂	Médio	Alto	1	1
C ₂ S ₃	Forte	Médio	0	0
C ₄ S ₃	Forte	Muito alto	0	0
C ₂ S ₄	Muito forte	Médio	0	0
C ₄ S ₄	Muito forte	Muito alto	0	0
C ₅ S ₄	Muito forte	Excepcionalmente alto	0	0
Total	-	-	100	100

A classificação da água quanto à sua aptidão para uso agrícola (irrigação) feita com base na classificação do *United States Salinity Laboratory* (USSL), figuras 8.24 e 8.25, mostram águas dos tipos: C1-S1 (56%); C2-S1 (12,5%); C0-S1 (29%); C3-S1 (1,5%) e C3-S2 (1%) para a 1ª e 2ª etapa de amostragem. Nesta classificação a água subterrânea da RMM apresenta risco baixo (99%) a médio (1%) de sódio ou alcalinização, e risco alto (2,5%), médio (12,5%), baixo (56%) e nulo (29%) de salinização no caso de solos com drenagens deficientes.

Analisando os Quadros 8.54 e 8.55 e as Figuras 8.26 e 8.27 pode-se concluir que as águas subterrâneas da RMM na sua grande maioria (97,5%) são águas de salinidade nula a média e fracamente sódicas (99%), podendo ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas em quase todos os solos, com baixo risco de salinização e de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca de cátions.

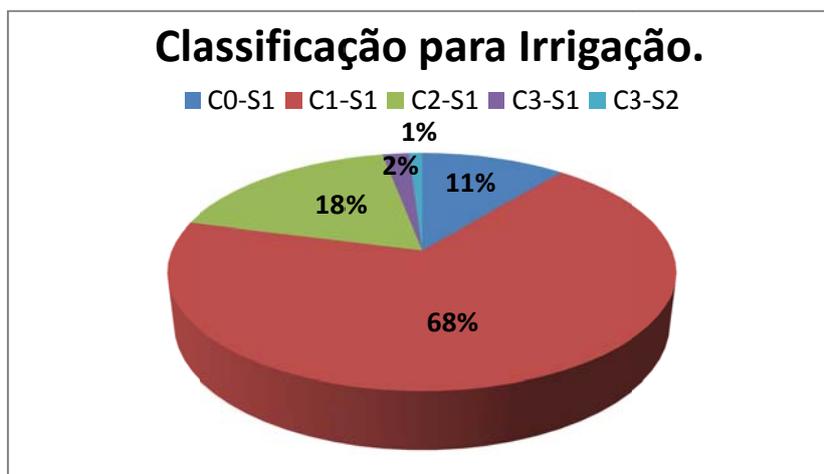


Figura 8.26 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 1ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do *United States Salinity Laboratory* (USSL).

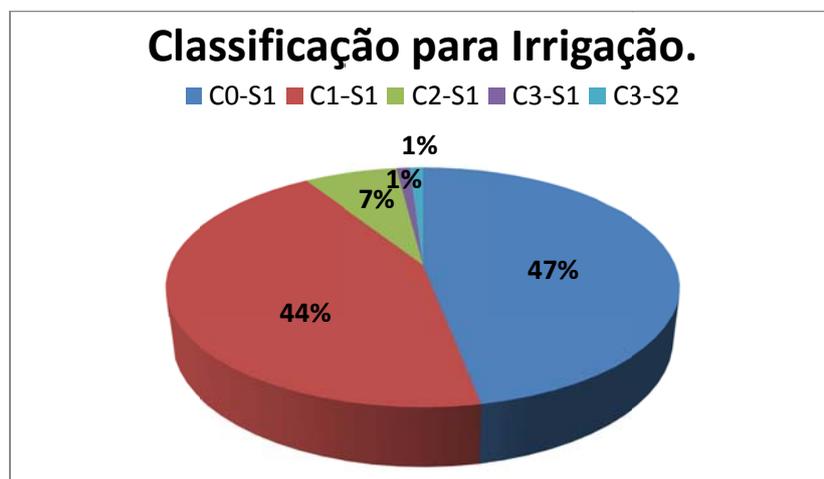


Figura 8.27 – Classificação das águas subterrâneas da RMM da 2ª campanha de amostragem para irrigação através da metodologia do *United States Salinity Laboratory* (USSL).

8.1.4.3 Qualidade das Águas para o Consumo Animal

Os padrões para o consumo animal não são genericamente adotados, em consequência da diversidade das espécies de animais e suas variedades de raças, além de serem influenciados pelo clima, cadeia alimentar, tamanho, sexo e idade.

A água para o consumo animal antes de ser fornecida deve ser avaliada nos aspectos químicos, físico-químicos, biológicos e radiológicos visando assim evitar contaminações, intoxicações e até a morte do animal.

Segundo a classificação de Logan (1965) a quantidade de sais, quanto ao consumo de animais, é dada pelos seguintes limites de valores expostos no Quadro 8.56.

Da análise do Quadro 8.56 pode-se afirmar que a maioria absoluta das águas subterrâneas da RMM é classificada como boa para o consumo animal.

Segundo esses padrões, as águas subterrâneas da RMM prestam para qualquer tipo de consumo animal.

Quadro 8.56 - Classificação das águas da RMM para consumo animal.

Classe	STD (mg/l)	Frequência na RMM	%
Boa	≤ 2.500	200	100
Satisfatória	2.500 - 3.500	0	0
Pobre	3.500 - 4.500	0	0
Insatisfatória	≥ 4.500	0	0

8.1.4.4. Padrões para Indústria

Os padrões da água para fins industriais são complexos em função da diversidade de uso da água, pois dependem do tipo da indústria e dos processos de industrialização, gerando necessidades diferentes de qualidade de água para cada uso.

Atualmente existem técnicas modernas de tratamento de água, que permitem na maioria das vezes que as águas de composições diferentes sejam utilizadas para qualquer uso industrial, porém os custos de tratamento da água podem ser bastante onerosos, inviabilizando o processo industrial.

Dentre os vários parâmetros analisados nas águas para fins industriais (sais dissolvidos, matéria orgânica e bactérias), a maioria das águas subterrâneas se presta para qualquer tipo de atividade industrial, exceto para as águas subterrâneas que contêm elevadas concentrações de:

- Cloretos de sódio, de ferro e de magnésio;
- Bicarbonatos de cálcio, magnésio e de ferro;
- Sulfato (SO_4^{-2});
- Gás carbônico (CO_2);
- Amônia (NH_3);
- Matéria orgânica;
- Bactérias.

Estas substâncias presentes nas águas subterrâneas são as que mais afetam a maioria das indústrias, pois frequentemente causam problemas de utilização, assim como também influenciam a ação corrosiva da água.

Alguns padrões para uso industrial são apresentados na tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Critério de qualidade da água para indústrias (Mathess, 1982; Szikszay, 1993; Driscoll, 1986).

Parâmetro	Unid.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	-	-	-	7,5	-	6,5-7	-	8	-	-
Dureza	mg/l CaCO ₃	50	180	50-80	30-	50-75	25	50	50	100
Alcalinidade	mg/l CaCO ₃	-	-	80-	-	-	128	135	-	-
Cálcio	mg/l Ca	-	-	500	20	200	-	-	10	-
Cloretos	mg/l Cl	-	30	-	20	100	250	-	100	75
Ferro	mg/l Fe	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,10
Manganês	mg/l Mn	0,5	0,1	0,2	-	0,1	0,2	0,2	0,2	0,05
R.S.	mg/l	-	500	850	-	1000	850	-	-	200
Nitrato	mg/l N	-	30	15	-	10	-	-	-	-
Amônia	mg/l NH ₃	-	traços	0,5	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/l SO ₄	-	60	-	20	-	250	-	100	-
Fluoretos	mg/l F	-	-	1,0	-	1,0	1,0	-	-	-
Magnésio	mg/l Mg	-	-	-	10	30	-	-	-	-
Notas: 1 - Águas de refrigeração					6 - Ind. de bebidas e suco de frutas					
2 - Ind. de laticínios					7 - Curtume					
3 - Ind. de conservas alimentícias					8 - Ind. têxtil					
4 - Ind. açucareira					9 - Ind. de papel					
5 - Cervejaria										

O caráter de corrosão e de incrustação das águas subterrâneas deve ser levado em consideração para qualquer uso industrial, que pode ocorrer nas seguintes condições:

Corrosão: - pH muito baixo (< 5,0)

- oxigênio dissolvido superior a 2 mg/l
- sólidos totais dissolvidos > 1.000 mg/l
- dióxido de carbono > 50 mg/l
- cloretos > 500 mg/l

Incrustação: - dureza de carbonato > 300 mg/l

- ferro total > 1,0 mg/l
- manganês total > 1,0 mg/l
- pH muito maior que 7,0 (>8,0)

As indústrias através das atividades desenvolvidas em seu interior são grandes usuários de água. Frequentemente a água na RMM é utilizada pela indústria para diversas finalidades que vão desde a simples limpeza até no resfriamento de processos industriais. As águas subterrâneas dos aquíferos pesquisados (Barreiras, Barreiras/Marituba) na RMM, possuem águas de boa qualidade físico-química e são adequadas para a maioria dos usos industriais.

8.1.5. Relações Iônicas (Índices Hidrogeoquímicos)

As relações entre os íons dissolvidos em uma água podem guardar certa relação com o terreno do qual procede a água, indicar a ação de fenômenos modificadores, ou indicar uma característica específica da água considerada. Podem-se estabelecer muitos tipos de relações cuja utilidade é função do problema a estudar. É frequente designar estas relações com o nome de índices hidrogeoquímicos, onde todos os valores são expressos em meq/l, tal como indica o símbolo r. As relações iônicas mais utilizadas, Custódio & Llamas (1976), são relacionadas a seguir.

Os Quadros 8.57 e 8.58 mostram as Relações Iônicas calculadas para as águas subterrâneas da RMM.

Quadro 8.57 – Relações iônicas das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (1ª fase).

Dados de Localização					Aquífero	Relações Iônicas (meq/l)			
Nº.	Local	Município	Coordenadas UTM			Mg ⁺⁺ /Ca ⁺⁺	K ⁺ /Na ⁺	Cl ⁻ /HCO ₃ ⁻	SAR
Lab.			N	E					
101684	ETA Cardoso - PBEB-08	Maceió	8934981	198492	Bar/Mar	3,94	0,02	49,92	3,87
101685	Benedito Bentes - PBBE-10	Maceió	8942321	200360	Bar/Mar	1,48	0,12	1,43	0,49
101686	Cely Loureiro - Cacheiro do Meirim	Maceió	8937180	198910	Bar/Mar	2,30	0,06	2,58	0,95
101687	Distrito Industrial - PT-05	Maceió	8941190	196400	Bar/Mar	1,96	0,03	3,50	1,40
101688	Eustáquio Gomes - PEGM-01	Maceió	8944204	193569	Bar/Mar	1,48	0,03	3,58	1,62
101689	Cidade Universitária (PCU 01)	Maceió	8943256	196546	Bar/Mar	2,46	0,04	5,35	1,08
101690	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	Bar/Mar	2,30	0,02	22,90	1,87
101691	Murilópolis - PMUR -01	Maceió	8936080	200440	Bar/Mar	2,30	0,02	17,40	1,46
101692	Salvador Lira - PSL-03	Maceió	8941716	198419	Bar/Mar	2,30	0,02	10,44	1,72
101693	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	Bar/Mar	3,93	0,02	23,94	1,88
101694	Praça Antônio Carlos Magalhães	Maceió	8934601	201129	Bar/Mar	3,93	0,01	81,85	7,29
101695	Dubaux Leão - PJDL-02	Maceió	8941208	198275	Barreiras	1,97	0,06	20,64	0,86
101696	Samamabia - PS-02	Maceió	8936316	201687	Bar/Mar	2,30	0,02	5,30	1,67
101697	Carajás - PCC-02	Maceió	8937547	201249	Barreiras	0,98	0,02	23,24	1,85
101698	José Tenório - PJTL-01	Maceió	8937479	201361	Barreiras	1,97	0,03	18,76	1,23
101699	José Tenório - PJTL-05	Maceió	8937419	201347	Barreiras	2,30	0,03	20,54	1,66
101700	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	Bar/Mar	1,97	0,02	25,95	1,92
101701	Ouro Preto (POP 02)	Maceió	8936387	200315	Bar/Mar	1,38	0,04	15,82	0,95
101702	Benedito Bentes - PBBE-01	Maceió	8942740	199250	Bar/Mar	1,31	0,01	17,56	3,78
101703	João Sampaio - PCJS-02	Maceió	8937064	196888	Bar/Mar	2,30	0,05	9,46	1,39
101704	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	Bar/Mar	2,95	0,05	15,72	1,54
101705	Santa Lúcia - PLSL 05	Maceió	8940898	197858	Barreiras	3,93	0,02	13,28	2,09
101706	Colina Dds Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	Bar/Mar	2,30	0,12	6,97	0,87
101707	Henrique Euelman -PHE-01	Maceió	8940902	199203	Barreiras	1,58	0,04	2,85	0,71
101708	Clima Bom - PCB-06	Maceió	8940669	193690	Barreiras	1,97	0,04	4,71	1,14
101709	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	Barreiras	2,36	0,09	9,44	1,18
101710	Monte Alegre - Pma-03	Maceió	8936618	198483	Bar/Mar	2,95	0,04	6,78	1,26
101711	Bebedouro - PBEB-04	Maceió	8935523	198423	Bar/Mar	2,00	0,01	14,61	3,66
103207	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Maceió	8938185	206068	Barreiras	1,64	0,02	20,49	3,46
103187	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	Bar/Mar	1,90	0,06	13,58	2,04
102691	Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	0,95	0,12	3,94	1,16
102698	Blumare Veículos	Maceió	8931838	201367	Barreiras	1,12	0,13	7,22	1,02
103206	G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	Barreiras	1,96	0,04	30,06	3,57
103191	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	Bar/Mar	1,55	0,02	17,15	3,09
103190	Instituto da Visão	Maceió	8931872	200397	Barreiras	2,95	0,03	36,38	2,71
102687	Troia	Maceió	8941163	196573	Bar/Mar	0,99	0,03	1,46	0,81
103205	Cj. Dom Adelmo Machado	Maceió	8933552	203252	Barreiras	0,67	0,14	0,89	1,63
103186	Polícia Rodoviária Federal	Maceió	8941364	195128	Barreiras	1,48	0,06	7,32	2,80
103188	Chacara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	Bar/Mar	1,48	0,02	4,48	2,65
102693	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar	0,98	0,06	3,62	1,21
102699	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar	0,98	0,05	0,51	1,90
102690	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	Barreiras	0,70	0,33	20,76	2,34
103192	SEMARN	Maceió	8935249	204139	Barreiras	2,30	0,07	15,92	1,48
102696	IGAL	Maceió	8934078	202740		1,17	0,16	1,68	0,70
102685	Transpotável	Maceió	8934362	202236		2,29	0,20	7,22	0,73
102692	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	Bar/Mar	0,20	0,09	1,09	0,80
103204	ACQUA/Santa Laura	Maceió	8936629	203701	Barreiras	0,79	0,20	0,67	0,91
103305	Casa Saúde Ulisses Pernambucano	Maceió	8934386	196182		1,38	0,02	9,29	3,39
103303	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	Barreiras	2,70	0,02	26,23	3,34
102695	Aldebaran Água Mineral	Maceió	8938498	199340		1,64	0,07	2,90	0,95

Quadro 8.57 – Relações iônicas das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (1ª fase) - continuação.

Dados de Localização					Aquífero	Relações Iônicas (meq/l)			
Nº. Lab.	Local	Município	Coordenadas UTM			Mg ⁺⁺ /Ca ⁺⁺	K ⁺ /Na ⁺	Cl ⁻ /HCO ₃ ⁻	SAR
			N	E					
102697	GRANGELO	Maceió	8940050	208064	Barreiras	2,30	0,05	3,63	1,06
102684	Cristalvldro	Maceió	8937068	100231	Barreiras	0,98	0,05	3,58	1,14
102686	Mc Donalds	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	1,23	0,05	3,41	2,47
102694	Posto Jacutinga	Maceió	8940550	199550	Bar/Mar	0,98	0,03	2,90	0,99
102689	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	Barreiras	0,98	0,07	4,34	1,19
103304	Hospital do Açúcar	Maceió	8935050	199390	Bar/Mar	1,97	0,03	18,68	2,08
103306	Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	Bar/Mar	1,15	0,01	3,28	7,04
103302	Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	Barreiras	0,66	0,02	2,14	2,14
103307	Água da Vida Transportes	Maceió	8935348	201087	Barreiras	1,46	0,02	8,86	3,00
101712	Conjunto Zé Dias - PT-03	Marechal Deodoro	8924126	181174	Barreiras	0,98	0,20	4,93	1,72
101713	Povoado Malhado - PT-07	Marechal Deodoro	8918590	184260		0,98	0,08	6,34	2,42
101714	Sítio Volta D'água	Marechal Deodoro	8927423	189549	Barreiras	1,31	0,02	7,24	2,57
101715	Loteamento Laguna	Marechal Deodoro	8927075	208626	Barreiras	0,74	0,01	5,02	2,82
101716	Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	Bar./Coq.	1,31	0,02	6,72	2,28
101717	Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	Barreiras	0,98	0,05	5,54	7,64
101718	Loteamento Arquipelago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	Barreiras	0,98	0,02	3,16	2,53
101719	Loteamento Alta Vista	Barra de São Miguel	8911932	181048	Barreiras	1,48	0,02	4,84	2,14
101720	Povoado São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	Barreiras	1,48	0,02	6,53	3,08
103198	Posto Rosa Maria-Tabuba	Barra de Sto. Antonio	8955895	222721	Barreiras	1,64	0,01	6,41	3,51
103199	Santa Luzia 04	Barra de Sto. Antonio	8956104	223242	Barreiras	1,38	0,05	14,16	2,37
103200	Santa Luzia 03	Barra de Sto. Antonio	8956084	222926	Barreiras	1,31	0,04	5,46	1,59
103201	Condomínio Bosque Rio Mar	Barra de Sto. Antonio	8957658	224156	Barreiras	0,98	0,05	4,84	2,65
103202	Loteamento Rume Farias - PT-05	Barra de Sto. Antonio	8959494	224399	Barreiras	1,48	0,02	9,52	2,86
103203	Loteamento Rume Farias - PT-06	Barra de Sto. Antonio	8959400	224344	Barreiras	1,96	0,03	15,19	1,47
103170	Reservatório CASAL - Centro	Coqueiro Seco	8933026	192290	Barreiras	0,67	0,07	7,92	2,04
103171	Brasília Nova	Coqueiro Seco	8933016	192096	Bar./Maceió	1,00	0,03	5,65	1,51
103167	Posto Flecha	Messias	8958705	188171	Barreiras	1,64	0,03	6,15	2,61
103168	Posto Pichilau	Messias	8958616	188124	Barreiras	0,99	0,03	5,35	1,73
103169	SUB-ESTAÇÃO CHESF-BR 101	Messias	8959162	188047	Barreiras	1,48	0,03	4,61	1,35
103193	Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	Barreiras	0,38	0,10	1,49	2,02
103194	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952884	219129		0,98	0,03	4,64	1,77
103195	Loteamento Porto Belo	Paripueira	8952248	219008	Sed. de	1,38	0,05	4,19	1,68
103196	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952758	219533	Barreiras	0,98	0,02	3,39	1,64
103197	Condomínio Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	Barreiras	1,18	0,03	3,33	2,67
102688	Canavialis	Paripueira	8949588	212783	Barreiras	0,39	0,02	2,55	0,83
103182	Loteamento Manguaba	Pilar	8938433	175907	Bar./Poção	0,99	0,03	5,22	2,56
103183	Escola Presidente Medici	Pilar	8940965	174200	Bar./Poção	0,66	0,02	2,15	2,44
103184	Loteamento Edite França	Pilar	8938067	174414		0,66	0,02	5,35	2,27
103185	Loteamento Frei Damiao	Pilar	8938697	174741	Bar./Poção	1,48	0,02	8,88	3,13
103176	Residencial Chacara São Bento	Rio Largo	8946682	191962	Barreiras	0,49	0,08	0,51	0,69
103177	OAS	Rio Largo	8948613	191244	Barreiras	2,30	0,08	2,87	1,53
103178	Aeroporto Zumbi 02	Rio Largo	8947100	193308	Bar./poção	0,49	0,03	1,43	1,97
103179	Aeroporto 01	Rio Largo	8947360	192327	Bar./Poção	1,48	0,04	5,35	2,14
103180	UTE Rio Largo	Rio Largo	8947794	188809	Barreiras	0,98	0,07	5,41	3,57
103181	Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	Barreiras	0,98	0,03	2,14	2,84
103172	Quiombo	Sta.Luzia do Norte	8936526	190505		0,98	0,19	0,68	0,81
103173	Posto Ecologico	Sta.Luzia do Norte	8938102	190241		1,97	0,15	2,06	2,72
103174	Guardiano	Sta.Luzia do Norte	8938742	189918		1,97	0,09	1,61	2,55
103175	Mutirão	Sta.Luzia do Norte	8937832	188952	Bar./Maceió	1,26	0,15	0,23	0,86
103189	Faz. Primavera	Satuba	8938857	184565		1,31	0,02	8,20	2,35

8.1.5.1. Relação rMg/rCa

A relação rMg/rCa varia frequentemente entre 0,3 e 1,5; em águas doces continentais os valores próximos de 1 indicam uma provável influência de terrenos dolomíticos ou com serpentina, e valores superiores a 1 sugerem estar em geral relacionados com terrenos ricos em silicatos magnesianos, como gabros e basaltos. Entretanto, é preciso observar que quando ocorre precipitação de CaCO₃ em uma água aumenta a relação rMg/rCa sem que seja indicação dos terrenos atravessados. No caso de dissolução de calcário, ocorre uma diminuição da razão.

Como a água do mar tem rMg/rCa ao redor de 5, as águas que circulam por terrenos de formação marinha ou que tenham sofrido mistura com a água do mar tem também uma relação elevada. Uma elevação do conteúdo em cloretos e da relação rMg/rCa pode ser um bom indicio de contaminação marinha.

Os valores da razão iônica rMg/rCa ocorrem na RMM com valores entre 0,2 a 3,94.

Quadro 8.58 – Relações iônicas das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (2ª fase).

Dados de Localização					Aquífero	Relações Iônicas (meq/l)			
Nº. Lab.	Local	Município	Coordenadas UTM			Mg ⁺⁺ /Ca ⁺⁺	K ⁺ /Na ⁺	Cl ⁻ /HCO ₃ ⁻	SAR
			N	E					
106893	ETA Cardoso - PBEB-08	Maceió	8934981	198492	Bar/Mar	1,38	0,02	75,60	5,83
106896	Benedito Bentes - PBBE-10	Maceió	8942321	200360	Bar/Mar	0,98	0,04	1,72	1,83
106897	Cely Loureiro - Cacheiro do Meirim	Maceió	8937180	198910	Bar/Mar	0,98	0,09	23,24	0,42
106899	Distrito Industrial - PT-05	Maceió	8941190	196400	Bar/Mar	1,97	0,03	3,91	0,52
106881	Eustáquio Gomes - PEGM-01	Maceió	8944204	193569	Bar/Mar	0,59	0,03	4,33	0,92
106883	Cidade Universitária (PCU 01)	Maceió	8943256	196546	Bar/Mar	0,59	0,02	2,70	1,19
106885	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	Bar/Mar	3,93	0,02	28,81	2,29
106887	Murilópolis - PMUR -01	Maceió	8936080	200440	Bar/Mar	1,38	0,35	10,09	1,33
106890	Salvador Lira - PSL-03	Maceió	8941716	198419	Bar/Mar	2,30	0,02	20,20	1,61
106886	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	Bar/Mar	1,64	0,05	10,79	2,07
106878	Praça Antônio Carlos Magalhães	Maceió	8934601	201129	Bar/Mar	0,42	0,02	2,51	2,42
106889	Dubeaux Leão - PJDL-02	Maceió	8941208	198275	Barreiras	0,98	0,01	11,97	2,96
106874	Samamabia - PS-02	Maceió	8936316	201687	Bar/Mar	0,25	0,02	10,09	1,61
106898	Carajás - PCC-02	Maceió	8937547	201249	Barreiras	0,98	0,03	4,32	1,82
106888	José Tenório - PJTL-01	Maceió	8937479	201361	Barreiras	0,98	0,02	25,21	2,01
106876	José Tenório - PJTL-05	Maceió	8937419	201347	Barreiras	0,49	0,08	7,18	1,20
106894	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	Bar/Mar	0,65	0,03	10,79	1,67
106882	Ouro Preto (POP 02)	Maceió	8936387	200315	Bar/Mar	1,97	0,04	30,22	1,61
106895	Benedito Bentes - PBBE-01	Maceió	8942740	199250	Bar/Mar	1,18	0,07	4,31	0,42
106880	João Sampaio - PCSJ-02	Maceió	8937064	196888	Bar/Mar	0,20	0,02	32,48	2,22
106879	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	Bar/Mar	0,30	0,04	3,59	0,80
106873	Santa Lúcia - PLSL 05	Maceió	8940898	197858	Barreiras	0,36	0,07	10,74	1,14
106900	Colina dos Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	Bar/Mar	2,30	0,10	7,13	0,67
106875	Henrique Equelman -PHE-01	Maceió	8940902	199203	Barreiras	0,25	0,08	4,31	1,22
106891	Clima Bom - PCB-06	Maceió	8940669	193690	Barreiras	2,29	0,10	2,87	0,43
106892	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	Barreiras	2,95	0,07	28,73	1,06
106884	Monte Alegre - Pma-03	Maceió	8936618	198483	Bar/Mar	0,98	0,03	1,10	1,56
106877	Bebedouro - PBEB-04	Maceió	8935523	198423	Bar/Mar	0,25	0,01	43,15	3,60
106802	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Maceió	8938185	206068	Barreiras	2,30	0,03	16,09	2,51
106794	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	Bar/Mar	1,97	0,06	28,88	1,44
106803	Colégio Santa Úrsula	Maceió	8931967	203563	Bar/Mar	1,12	0,97	5,47	0,11
106796	Blumare Veículos	Maceió	8931838	201367	Barreiras	0,98	0,11	8,61	0,99
106804	G.Barbosa - Serraria	Maceió	8936175	201830	Barreiras	1,97	0,16	4,18	7,30
106799	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	Bar/Mar	3,94	0,03	13,07	2,24
105807	Instituto da Visão	Maceió	8931872	200397	Barreiras	2,17	0,02	45,45	2,78
106806	Troia	Maceió	8941163	196573	Bar/Mar	1,48	0,04	6,66	1,96
106801	Cj. Dom Adelmo Machado	Maceió	8933552	203252	Barreiras	0,98	0,27	3,19	0,78
106797	Polícia Rodoviária Federal	Maceió	8941364	195128	Barreiras	0,65	0,06	3,58	1,01
106798	Chacara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	Bar/Mar	3,93	0,05	8,89	1,25
106791	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar	0,98	0,01	25,16	4,18
106793	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	Bar/Mar	1,38	0,03	21,56	1,29
106805	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	Barreiras	0,49	1,86	26,11	0,45
106800	SEMARN	Maceió	8935249	204139	Barreiras	1,97	0,06	52,77	1,69
106808	IGAL	Maceió	8934078	202740		0,84	0,10	2,83	0,77
106812	Transpotável	Maceió	8934362	202236		2,30	0,03	31,45	2,47
106790	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	Bar/Mar	0,39	0,02	2,89	1,08
106809	ACQUA/Santa Laura	Maceió	8936629	203701	Barreiras	1,48	0,19	1,07	0,76
106813	Casa Saúde Ulisses Pernambucano	Maceió	8934386	196182		1,38	0,02	9,29	3,39
106814	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	Barreiras	1,72	0,03	9,27	2,13
106795	Aldebaran Água Mineral	Maceió	8938498	199340		1,48	0,04	14,50	1,89

As águas subterrâneas dos poços com maior concentração de sais (Colégio Santa Úrsula, Mc Donalds, G.Barbosa – Serraria e Shopping Iguatemi), as suas razões iônicas foram 0,95, 1,23, 1,96 e 1,15, respectivamente, para a 1ª etapa e 1,12, 1,11, 1,97 e 1,17 respectivamente, para a 2ª etapa, fora da faixa dos valores encontrados para águas que tenham sofrido mistura com a água de origem marinha. Este fato sugere uma fonte de origem não marinha, para o enriquecimento de sais dessas águas.

8.1.5.2. Relação rK/rNa

Esta relação pode variar entre 0,001 e 1 em águas doces, sendo mais frequente que varie entre 0,004 e 0,3, Schoeller (1956) enquanto que, para a água marinha, fica no intervalo de 0,02 a 0,025.

Os trabalhos realizados na ilha vulcânica de Lanzarote, Custódio (1974) indica uma tendência a decrescer a relação rK/rNa conforme aumenta a salinidade, passando desde valores de 0,05 para águas com um resíduo seco em torno de 1.000 mg/l a valores de 0,02 para águas com um resíduo seco de mais de 4.000 mg/l. Nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (RMM), essa tendência a decrescer a relação rK/rNa conforme aumenta a salinidade, não foi constatada.

Os valores da razão iônica rK/rNa das águas subterrâneas da RMM, mostram-se dentro do intervalo de 0,01 a 0,33 para águas doces.

Nas águas subterrâneas dos poços com maior concentração de sais (Colégio Santa Úrsula, Mc Donalds, G.Barbosa – Serraria e Shopping Iguatemi), as razões iônicas não ficaram dentro do intervalo de 0,02 a 0,025, corroborando para a hipótese de enriquecimento de sais de origem não marinha.

Quadro 8.58 – Relações iônicas das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió (2ª fase) - continuação.

Nº. Lab.	Dados de Localização			Aquífero	Relações Iônicas (meq/l)				
	Local	Município	Coordenadas UTM		Mg ⁺⁺ /Ca ⁺⁺	K ⁺ /Na ⁺	Cl ⁻ /HCO ₃ ⁻	SAR	
			N						E
106810	GRANGELO	Maceió	8940050	208064	Barreiras	1,88	0,03	16,29	2,42
106811	Cristalvidro	Maceió	8937068	100231	Barreiras	0,98	0,05	3,58	1,22
106788	Mc Donalds	Maceió	8932914	203621	Bar/Mar	1,11	0,06	2,28	1,49
106792	Posto Jacutinga	Maceió	8940550	199550	Bar/Mar	1,96	0,06	13,12	1,62
106789	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	Barreiras	2,95	0,03	21,69	1,95
106815	Hospital do Açúcar	Maceió	8935050	199390	Bar/Mar	1,97	0,03	18,66	2,08
106816	Shopping Iguatemi	Maceió	8932172	201954	Bar/Mar	1,17	0,03	1,32	3,01
106817	Shopping Pátio Maceió	Maceió	8939000	200234	Barreiras	1,48	0,04	5,45	1,75
106818	Água da Vida Transportes	Maceió	8935348	201087	Barreiras	2,30	0,02	21,97	1,67
106838	Conjunto Zé Dias - PT-03	Marechal Deodoro	8924126	181174	Barreiras	0,98	0,19	5,13	1,71
106839	Povoado Malhado - PT-07	Marechal Deodoro	8918590	184260		0,98	0,06	5,53	2,40
106841	Sítio Volta D'água	Marechal Deodoro	8927423	189549	Barreiras	0,74	0,04	4,11	2,85
106840	Loteamento Laguna	Marechal Deodoro	8927075	208626	Barreiras	1,31	0,03	6,79	2,61
106842	Sítio Seribó	Marechal Deodoro	8925116	209709	Bar./coq.	1,31	0,05	7,33	1,76
106843	Posto Aliança	Marechal Deodoro	8925261	182314	Barreiras	0,98	0,05	6,03	7,68
106826	Loteamento Arquipelago do Sol	Barra de São Miguel	8911613	182781	Barreiras	1,38	0,02	4,32	1,48
106825	Loteamento Alta Vista	Barra de São Miguel	8911932	181048	Barreiras	1,50	0,04	5,38	1,80
106824	Povoado São Sebastião	Barra de São Miguel	8913289	179010	Barreiras	1,38	0,04	4,77	2,01
106827	Posto Rosa Maria-Tabuba	Barra de Sto. Antonio	8955895	222721	Barreiras	1,64	0,01	5,99	3,10
106830	Santa Luzia 04	Barra de Sto. Antonio	8956104	223242	Barreiras	0,98	0,02	22,59	1,67
106829	Santa Luzia 03	Barra de Sto. Antonio	8956084	222926	Barreiras	1,38	0,08	4,32	1,35
106828	Condomínio Bosque Rio Mar	Barra de Sto. Antonio	8957658	224156	Barreiras	1,48	0,06	7,22	1,58
106831	Loteamento Rume Farias - PT-05	Barra de Sto. Antonio	8959494	224399	Barreiras	1,10	0,02	7,20	1,47
106832	Loteamento Rume Farias - PT-06	Barra de Sto. Antonio	8959400	224344	Barreiras	1,96	0,03	10,77	2,49
106833	Reservatório CASAL - Centro	Coqueiro Seco	8933026	192290	Barreiras	1,47	0,06	9,55	1,43
106834	Brasília Nova	Coqueiro Seco	8933016	192096	Bar./maceió	3,93	0,02	6,45	0,84
106835	Posto Flecha	Messias	8958705	188171	Barreiras	1,64	0,04	6,22	2,67
106837	Posto Pichilau	Messias	8958616	188124	Barreiras	1,48	0,06	4,69	1,86
106836	SUB-ESTAÇÃO CHESF-BR 101	Messias	8959162	188047	Barreiras	0,99	0,05	5,37	2,06
106851	Porto di Mare	Paripueira	8954790	222067	Barreiras	0,58	0,07	4,87	2,31
106852	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952884	219129		1,64	0,02	10,31	1,99
106853	Loteamento Porto Belo	Paripueira	8952248	219008	Sed. de	1,38	0,05	3,97	1,43
106854	Alto da Boa Vista	Paripueira	8952758	219533	Barreiras	1,31	0,02	9,75	2,06
106855	Condomínio Sonho Verde	Paripueira	8954033	221505	Barreiras	0,98	0,03	5,00	2,54
106819	Canavialis	Paripueira	8949588	212783	Barreiras	0,99	0,09	7,64	2,55
106856	Loteamento Manguaba	Pilar	8938433	175907	Bar./poço	1,96	0,03	9,02	2,09
106857	Escola Presidente Medici	Pilar	8940965	174200	Bar./poço	1,48	0,02	10,86	1,48
106858	Loteamento Edite França	Pilar	8938067	174414		2,46	0,08	10,78	2,09
106859	Loteamento Frei Damiao	Pilar	8938697	174741	Bar./poço	1,48	0,02	9,35	2,52
106845	Residencial Chacara São Bento	Rio Largo	8946682	191962	Barreiras	0,98	0,04	2,45	0,89
106846	OAS	Rio Largo	8948613	191244	Barreiras	0,32	0,01	2,39	3,94
106847	Aeroporto Zumbi 02	Rio Largo	8947100	193308	Bar./poço	0,66	0,04	2,37	1,15
106848	Aeroporto 01	Rio Largo	8947360	192327	Bar./poço	1,48	0,02	4,26	1,29
106849	UTE Rio Largo	Rio Largo	8947794	188809	Barreiras	0,98	0,08	5,35	3,15
106850	Mafripes	Rio Largo	8949563	188182	Barreiras	1,38	0,04	2,71	1,51
106860	Quilombo	Sta.Luzia do Norte	8936526	190505		0,98	0,14	0,60	0,64
106863	Posto Ecologico	Sta.Luzia do Norte	8938102	190241		0,98	0,14	0,68	0,85
106861	Guardiano	Sta.Luzia do Norte	8938742	189918		0,49	0,12	1,61	1,86
106862	Mutirão	Sta.Luzia do Norte	8937832	188952	Bar./maceió	1,26	0,12	0,23	0,86
106844	Faz. Primavera	Satuba	8938857	184565		2,05	0,03	5,23	1,17

8.1.5.3. Relação $rCl/rHCO_3^-$

Como o conteúdo em HCO_3^- é um valor relativamente constante em águas subterrâneas, esta relação se presta para seguir o processo de dissolução no sentido do fluxo subterrâneo; ainda que esse processo faça crescer ligeiramente o denominador, um aumento na relação indica um avanço no processo de concentração. Se existem fenômenos de redução de sulfatos ou aportes exteriores de CO_2 pode haver aumento do conteúdo em HCO_3^- e neste caso não convém utilizar esta relação sem muitas precauções. A precipitação de $CaCO_3$ também pode influir nesta relação.

A relação $rCl/rHCO_3^-$ é especialmente útil na caracterização da intrusão marinha já que em águas continentais tem valor entre 0,1 e 5 e na água do mar varia entre 20 e 50 em Custódio & Llamas (1983). Se o aumento de cloretos é devido à concentração de sais em zonas de recarga, a relação cresce muito menos para igual aumento de cloretos que por intrusão marinha.

A razão $rCl/rHCO_3^-$ tende a ser tanto maior quanto maior a salinidade da água subterrânea.

A grande variação na razão $rCl/rHCO_3^-$ foi verificada, e a maioria das águas subterrâneas apresenta excesso de Cl^- em relação a HCO_3^- ; tais excessos podem ser explicados pela presença de águas marinhas, pois a quantidade de cloro nas rochas e no solo não são capazes de produzir tais concentrações de valores.

Os valores $rCl/rHCO_3^-$ ocorrem na RMM com intervalo de valores entre 0,23 a 81,85.

As águas subterrâneas dos poços com maior concentração de sais (Colégio Santa Úrsula, Mc Donalds e Shopping Iguatemi), as suas razões iônicas foram 3,94, 3,41 e 3,28, respectivamente, para a 1ª etapa e 5,47, 2,28 e 1,32 para a 2ª etapa, bem abaixo do intervalo de valores encontrados para águas que tenham sofrido mistura com a água de origem marinha. Esta constatação implica numa fonte de origem não marinha para o aumento de sais dessas águas subterrâneas.

Os poços da RMM que apresentaram águas com valores da razão iônica $rCl/rHCO_3^-$ no intervalo 20 a 50 (Quadro 8.59), que indica as águas que circulam por aquíferos de formação marinha ou que tenham sofrido mistura com a água de origem marinha, foram: ETA Cardoso - PBEB-08 (49,92); Sítio São Jorge - PBD-05 (22,90); Rua Ceará - PBD-03(23,94); Dubeaux Leão - PJDL-02 (20,64); Carajás - PCC-02 (23,24); José Tenório - PJTL-05 (20,54); Jardim Serraria (25,95); Conjunto Elias Pontes Bonfim (20,49); G.Barbosa – Serraria (30,06); Instituto da Visão (36,38); Bunge Fertilizantes (20,76); Colégio Batista (26,23). Todos com valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no intervalo de 88 a 470 mg/l que indica águas doces. Isto confirma que as águas subterrâneas da RMM estão sofrendo processos de salinização e que os sinais do enriquecimento de sais e cloretos podem ser detectados com antecedência da salinização das águas subterrâneas propriamente ditas, através do monitoramento dos índices geoquímicos. Outra constatação que apoia tal afirmação é a grande variação das relações iônicas calculadas para as águas subterrâneas da RMM (Quadros 8.57 e 8.58).

Desses poços da RMM que apresentaram águas com valores da razão iônica $rCl/rHCO_3^-$ no intervalo 20 a 50 na 1ª etapa de amostragem, apenas os poços da ETA Cardoso - PBEB-08 (75,60); Sítio São Jorge - PBD-05 (28,81); Instituto da Visão (45,45) e Bunge Fertilizantes (26,11), apresentaram na 2ª etapa valores acima de 20 (quadro 8.60), que indica as águas que circulam por aquíferos de formação marinha ou que tenham sofrido mistura com a água de origem marinha.

Quadro 8.59 – Poços com razões iônicas das águas subterrâneas da RMM (1ª campanha de amostragem).

Nº Ref. Lab.	Poço	Aquífero	Prof. (m)	STD (mg/l)	Razões Iônicas (meq/l)		
					$\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}}$	$\frac{K^+}{Na^+}$	$\frac{Cl^-}{HCO_3^-}$
101684	ETA Cardoso - PBEB-08	Bar/Mar	117	221	3,94	0,02	49,92
101690	Sítio São Jorge - PBD-05	Bar/Mar	133	100	2,30	0,02	22,90
101693	Rua Ceará - PBD-03	Bar/Mar	104	100	3,93	0,02	23,94
101694	Pç. Antônio Carlos Magalhães	Bar/Mar	203	294	3,93	0,01	81,85
101695	Dubeaux Leão - PJDL-02	Barreiras		88	1,97	0,06	20,64
101697	Carajás - PCC-02 (01)	Barreiras		100	0,98	0,02	23,24
101699	José Tenório - PJTL-05	Barreiras		93	2,30	0,03	20,54
101700	Jardim Serraria	Bar/Mar	107	116	1,97	0,02	25,95
103207	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Barreiras	84	138	1,64	0,02	20,49
103206	G.Barbosa - Serraria	Barreiras	20	122	1,96	0,04	30,06
103190	Instituto da Visão	Barreiras	80	205	2,95	0,03	36,38
102690	Bunge Fertilizantes	Barreiras		470	0,70	0,33	20,76
103303	Colégio Batista	Barreiras	62	198	2,70	0,02	26,23
102691	Colégio Santa Úrsula	Bar/Mar	174	1136	0,95	0,12	3,94
102686	Mc Donalds	Bar/Mar	154	1357	1,23	0,05	3,41
103306	Shopping Iguatemi	Bar/Mar	194	863	1,15	0,01	3,28

Quadro 8.60 – Poços com razões iônicas das águas subterrâneas da RMM (2ª campanha de amostragem).

Nº Ref. Lab.	Poço	Aquífero	Prof. (m)	STD (mg/l)	Razões Iônicas (meq/l)		
					$\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}}$	$\frac{K^+}{Na^+}$	$\frac{Cl^-}{HCO_3^-}$
106893	ETA Cardoso - PBEB-08	Bar/Mar	117	221	1,38	0,02	75,60
106885	Sítio São Jorge - PBD-05	Bar/Mar	133	100	3,93	0,02	28,81
106886	Rua Ceará - PBD-03	Bar/Mar	104	100	1,64	0,05	10,79
106878	Pç. Antônio Carlos Magalhães	Bar/Mar	203	294	0,42	0,02	2,51
106889	Dubeaux Leão - PJDL-02	Barreiras		88	0,98	0,01	11,97
106898	Carajás - PCC-02 (01)	Barreiras		100	0,98	0,03	4,32
106876	José Tenório - PJTL-05	Barreiras		93	0,49	0,08	7,18
106894	Jardim Serraria	Bar/Mar	107	116	0,65	0,03	10,79
106802	Conjunto Elias Pontes Bonfim	Barreiras	84	138	2,30	0,03	16,09
106804	G.Barbosa - Serraria	Barreiras	20	122	1,97	0,16	4,18
106807	Instituto da Visão	Barreiras	80	205	2,17	0,02	45,45
106805	Bunge Fertilizantes	Barreiras		470	0,49	1,86	26,11
106814	Colégio Batista	Barreiras	62	198	1,72	0,03	9,27
106803	Colégio Santa Úrsula	Bar/Mar	174	1136	1,12	0,97	5,47
106788	Mc Donalds	Bar/Mar	154	1357	1,11	0,06	2,28
106816	Shopping Iguatemi	Bar/Mar	194	863	1,17	0,03	1,32

8.1.6. Análise Conclusiva sobre a Hidroquímica das Águas Subterrâneas da RMM

De uma maneira geral, é boa a qualidade das águas subterrâneas da RMM, principalmente em se tratando de aquíferos costeiros em zonas urbanas. Isso vem refletir os efeitos das condições climáticas e morfológicas regionais, que propiciam uma contínua renovação das águas subterrâneas.

As áreas onde os cones de rebaixamento provocados pelo bombeamento são mais profundos, pelas elevadas vazões ou concentrações de poços, estão induzindo a migração de águas salgadas de aquíferos salinizados profundos e das águas salobras das lagoas do Mundaú e Manguaba. Sendo assim as características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas apontam para um processo lento de salinização de origem marinha.

Observa-se nos resultados analíticos que a soma de ânions é maior que a soma de cátions na grande maioria dos dados (99%), visto que os teores destes ânions estão próximos dos limites de detecção dos métodos analíticos utilizados e que ocorrem cátions não analisados (por exemplo: estrôncio, boro e manganês), optou-se por não excluir nenhum dado analítico.

O programa de amostragem para obtenção de dados hidroquímicos foram comprometidos em função da falta dos seguintes critérios:

- Poços com perfil geológico confiável;
- Poços com perfil construtivo;
- Poços com captação de apenas uma formação ou horizonte aquífero;
- Poços com localização espacial (coordenadas UTM);
- Uma malha de amostragem aleatória (regular com distribuição dos poços de maneira homogênea, abrangendo toda a área pesquisada);
- Uma boa densidade de dados por unidade aquífera; e
- Análises químicas completas para permitir o cálculo do erro de análise.

A falta dos critérios acima mencionados depreciou a interpretação dos dados hidroquímicos, não possibilitando, assim, maiores considerações.

Do ponto de vista hidroquímico as águas subterrâneas dos sistemas aquíferos da RMM tem uma composição do tipo cloretada a sulfatada sódica.

No que se referem aos restantes íons principais (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-}) analisados, estes se encontram, de uma maneira geral, dentro dos valores paramétricos legislados.

A análise das Relações Iônicas calculadas para as águas subterrâneas da RMM (Quadros 8.57, 8.58, 8.59 e 8.60) revelaram uma grande variação, com valores fora dos intervalos que representam a água doce, inclusive nos poços com baixos teores de sais e cloretos. Isto demonstra que as águas subterrâneas da RMM estão sofrendo processos de salinização e que os sinais do enriquecimento de sais e cloretos podem ser detectados com antecedência da salinização das águas subterrâneas propriamente ditas, através do monitoramento dos índices geoquímicos.

Verifica-se que na cidade de Maceió, na maioria da área, a qualidade da água é boa quanto a potabilidade cujo limite para os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) é de 1.000 mg/l. Com efeito, predominam os valores de 60 a 100 mg/l. Na região costeira esses valores crescem rapidamente, variando entre 160 e 1150 mg/l, chegando assim a ultrapassar o limite de potabilidade em raros pontos.

Dentro do município existem ainda alguns pontos isolados em que o STD assume valores mais elevados, chegando até 500 mg/l, sem todavia alcançar o limite de potabilidade.

Nos municípios circunvizinhos da Área Metropolitana de Maceió a situação é igualmente tranquila quanto à salinização, como mostra a relação abaixo:

- Barra de Santo Antonio – varia em torno dos 100 mg/l;
- Paripueira – varia entre 140 e 200 mg/l;
- Messias - varia em torno dos 100 mg/l;
- Rio Largo – varia entre 80 e 140 mg/l;
- Pilar – varia entre 100 e 160 mg/l;
- Satuba – varia entre 120 e 140 mg/l;
- Santa Luzia do Norte – varia entre 120 e 300 mg/l;
- Coqueiro Seco - varia em torno dos 100 mg/l;
- Marechal Deodoro – varia entre 120 e 350 mg/l;
- Barra de São Miguel - varia em torno dos 100 mg/l.

Tendo em vista os resultados alcançados nas duas campanhas de amostragem físico-química pode-se tecer os seguintes comentários:

1º) As coletas de águas subterrâneas foram realizadas em agosto de 2009 (início do período chuvoso), primeira campanha e abril de 2010 (final do período chuvoso), segunda campanha.

2º) De uma maneira geral, os resultados da segunda campanha de amostragem apresentaram-se semelhantes aos obtidos na primeira campanha, com variações pequenas, não consideradas significativas, com raras exceções que encontra-se descritas a seguir.

3º) Nos resultados da 2ª campanha ocorreu um aumento dos valores de pH na maioria das amostras de águas subterrâneas obtidas em abril de 2010. Este aumento ocorreu provavelmente por conta do aumento das precipitações, que por conseguinte é a zona não saturada do solo (zona vadosa) que sofre lixiviações importantes, com relativa diminuição do CO₂ e dos ácidos orgânicos disponíveis nos solos desta região, diminuindo a acidez das águas subterrâneas e aumentando o pH.

4º) O ferro mostrou um comportamento inverso na maioria dos resultados analíticos, porque sua concentração depende também da quantidade de matéria orgânica em decomposição.

5º) As demais variações significativas ocorrentes, são pontuais e não representam 5% dos resultados, sendo atribuídas às fontes de contaminação antrópicas.

8.1.7. Distribuição Espacial das Águas Subterrâneas da RMM

Com o intuito de analisar o comportamento espacial das características hidroquímicas das águas subterrâneas da RMM, foram confeccionados os mapas de isovalores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, cloretos, sódio, nitratos e nitritos para a 1ª e 2ª etapas, representados pelos mapas hidroquímicos apresentados nas figuras 8.28 a 8.39.

Estes mapas permitem a análise da área estudada como um todo e a análise das flutuações de parcelas dessa área que apresentam semelhanças peculiares, cuja variação, é determinada por fatores locais. Nos mapas de isovalores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e cloretos pode-se observar um aumento gradativo desses valores no sentido do fluxo subterrâneo (leste).

O aumento dos teores de cloretos nas águas subterrâneas dos aquíferos pode ainda sugerir a contaminação por sais de origem marinha, provocado pelo elevado bombeamento dos poços de uso industrial e de abastecimento na RMM.

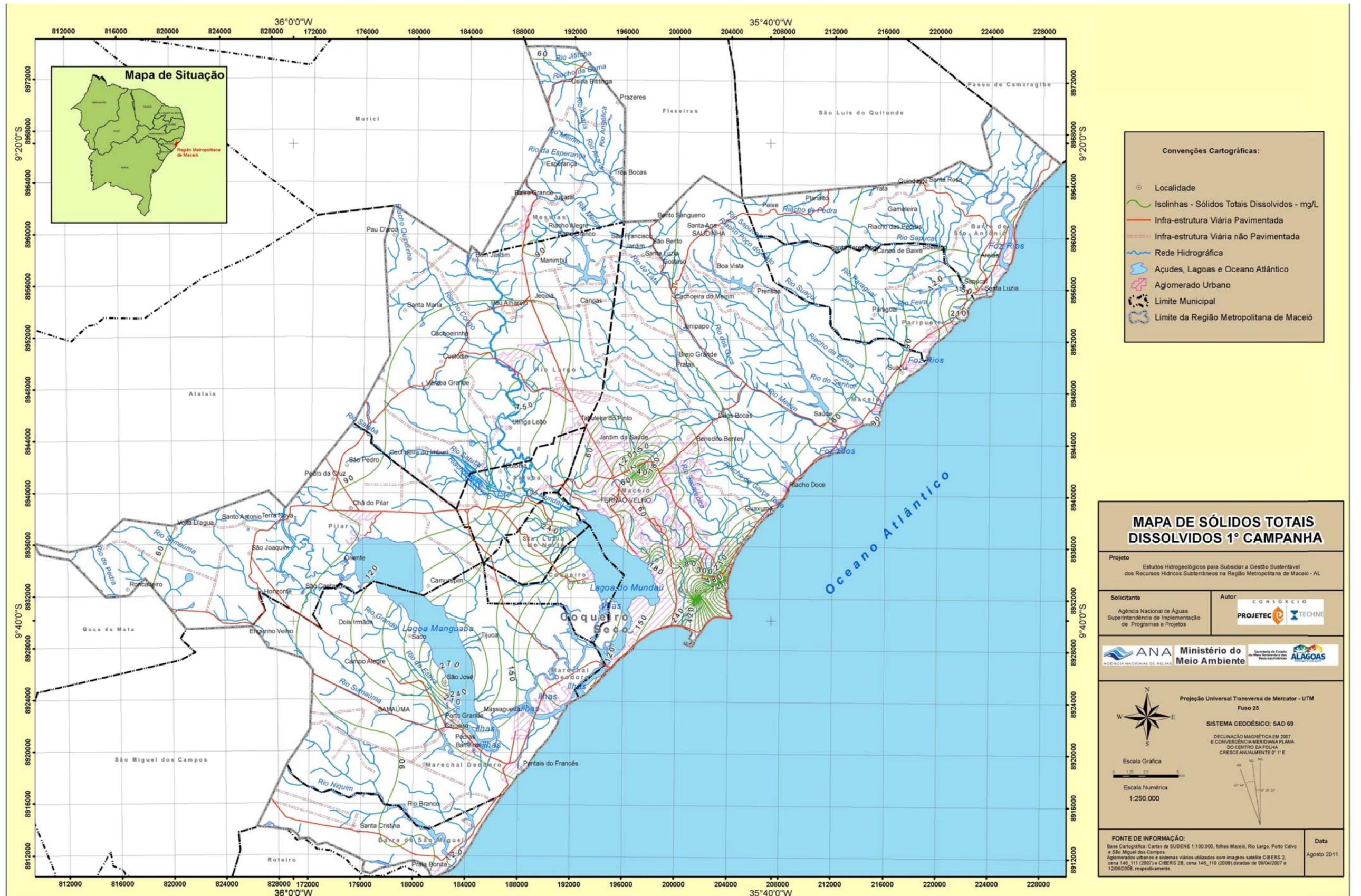


Figura 8.28 – Mapa de Sólidos Totais Dissolvidos – 1ª Campanha.

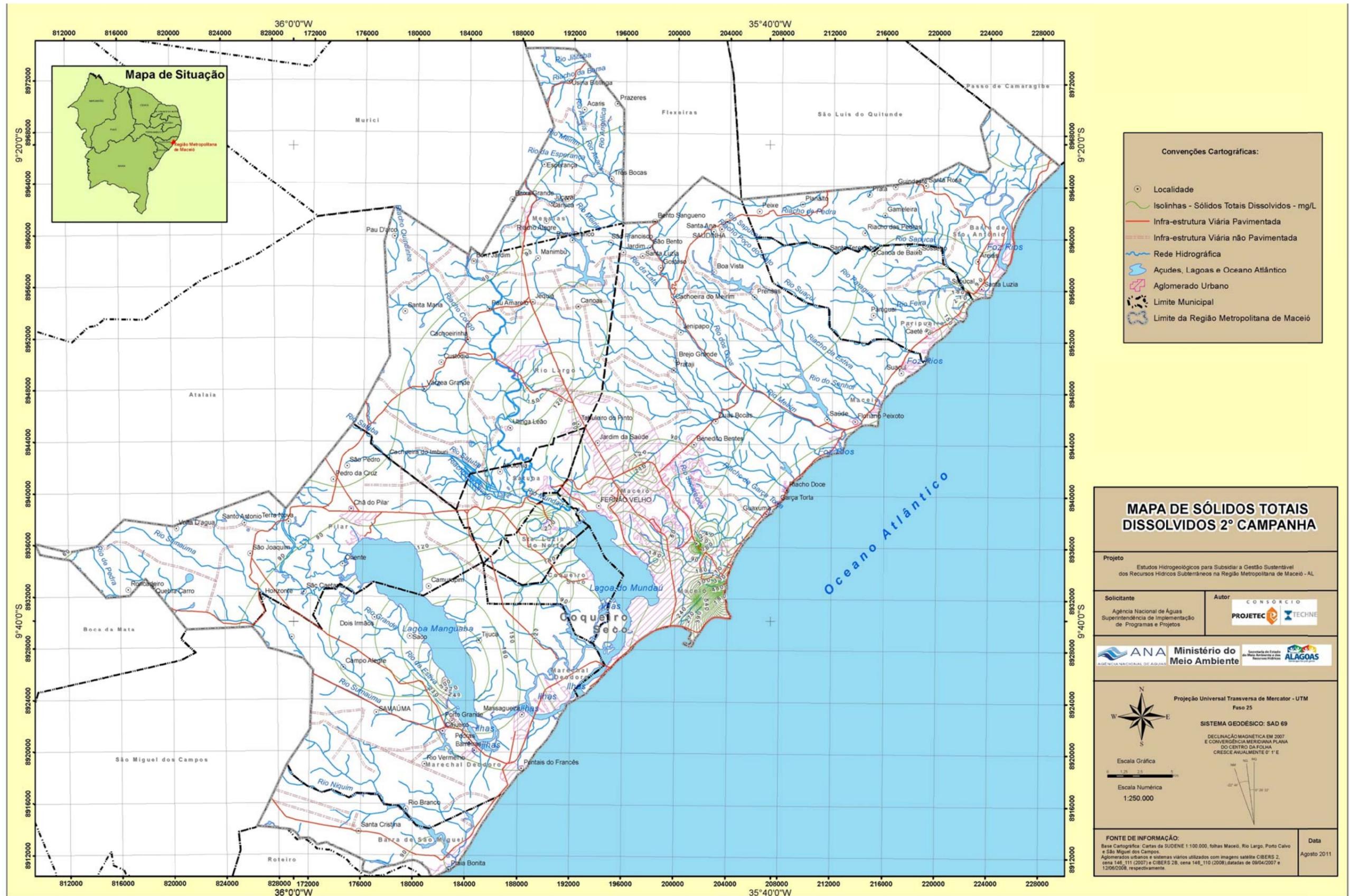


Figura 8.29 – Mapa de Sólidos Totais Dissolvidos – 2ª Campanha.

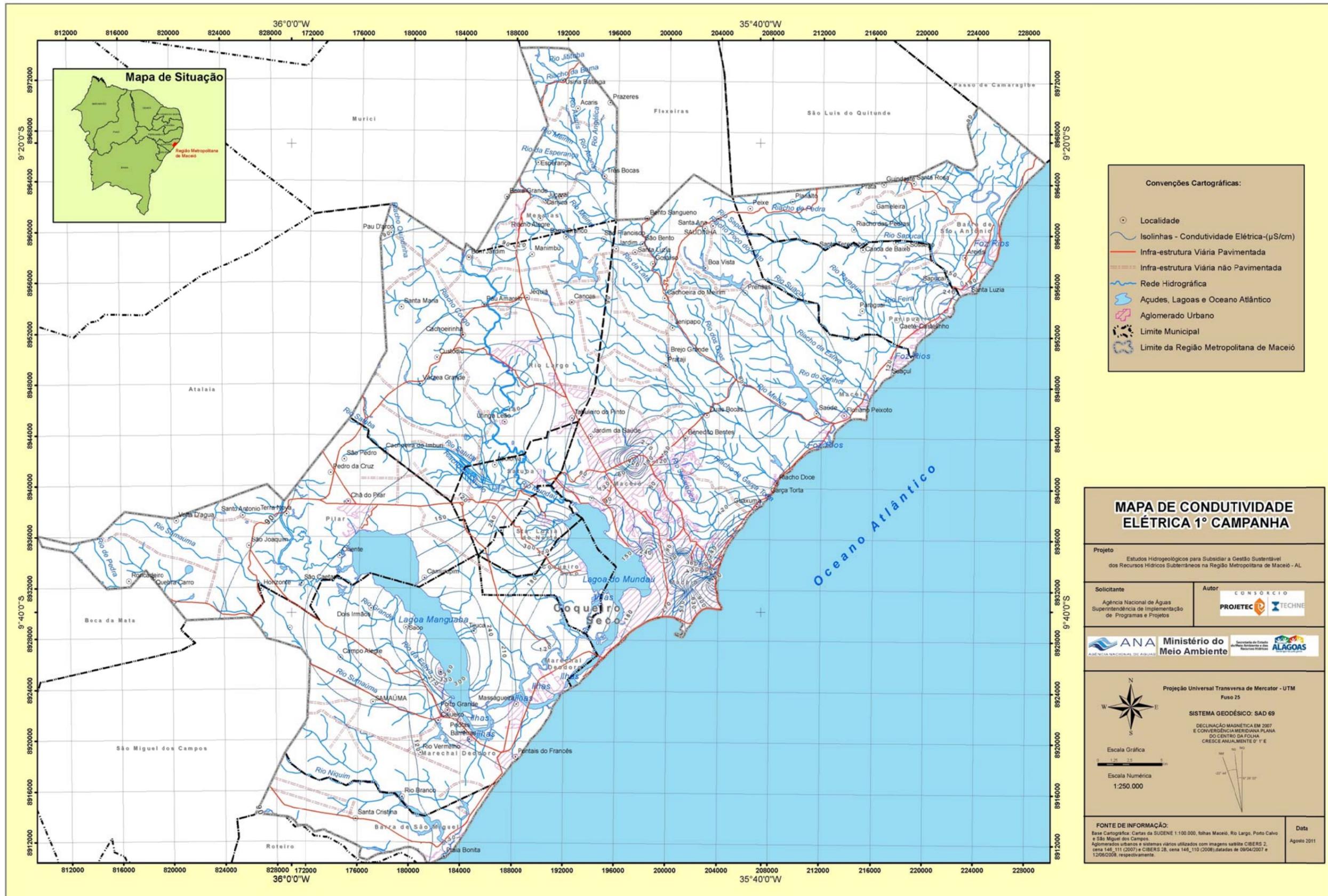


Figura 8.30 – Mapa de Condutividade Elétrica – 1ª Campanha.

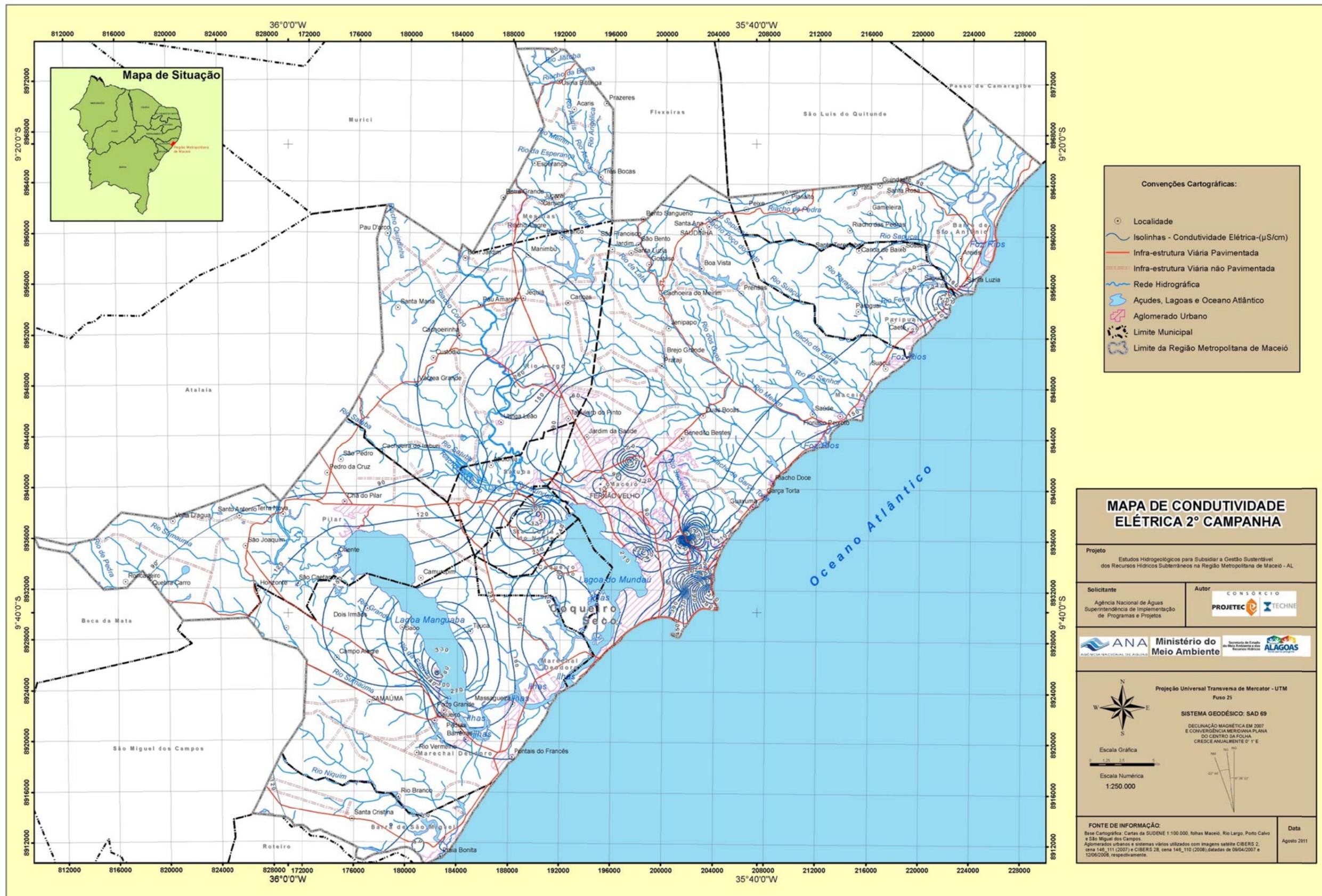


Figura 8.31 – Mapa de Condutividade Elétrica – 2ª Campanha.

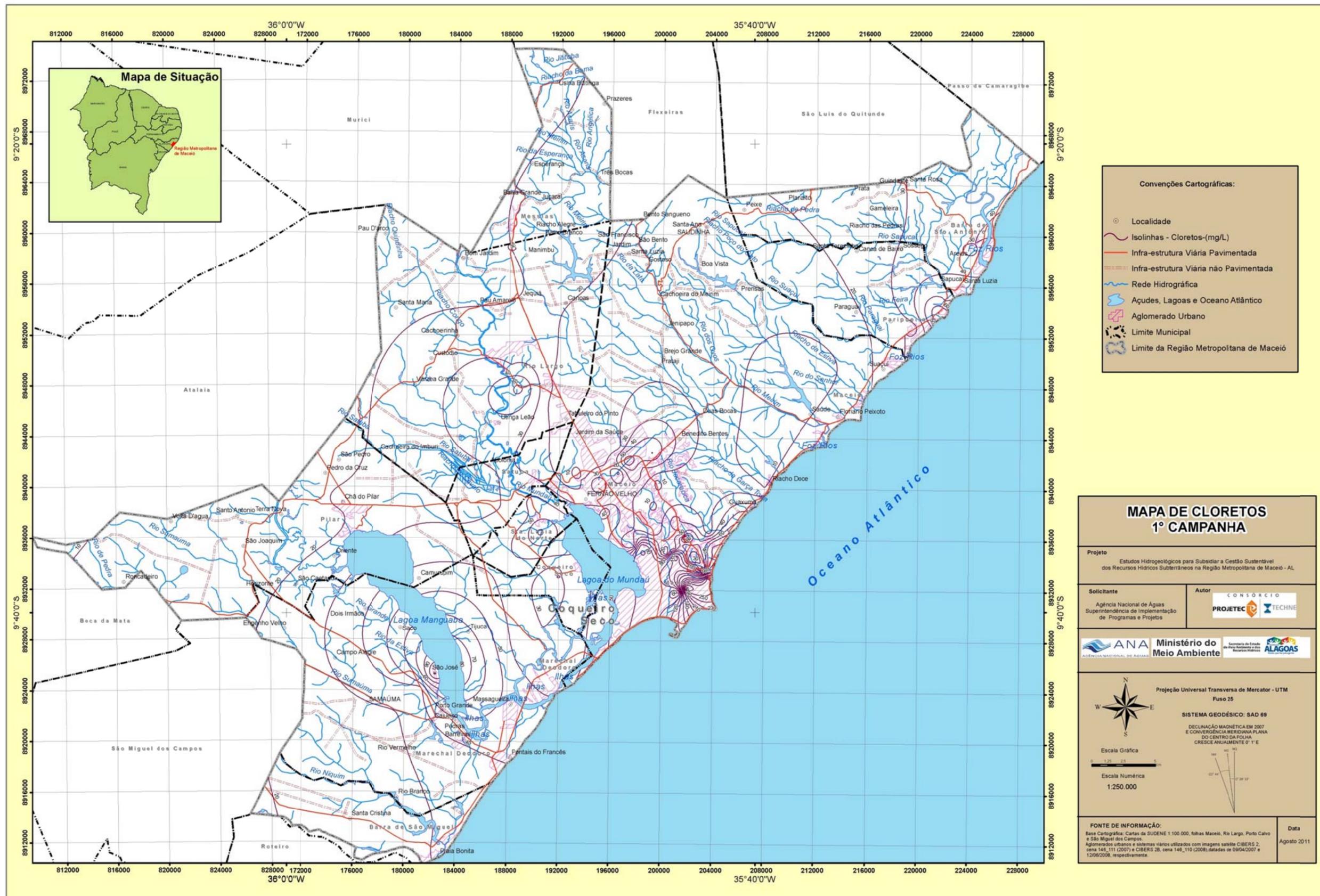


Figura 8.32 – Mapa de Cloretos – 1ª Campanha.

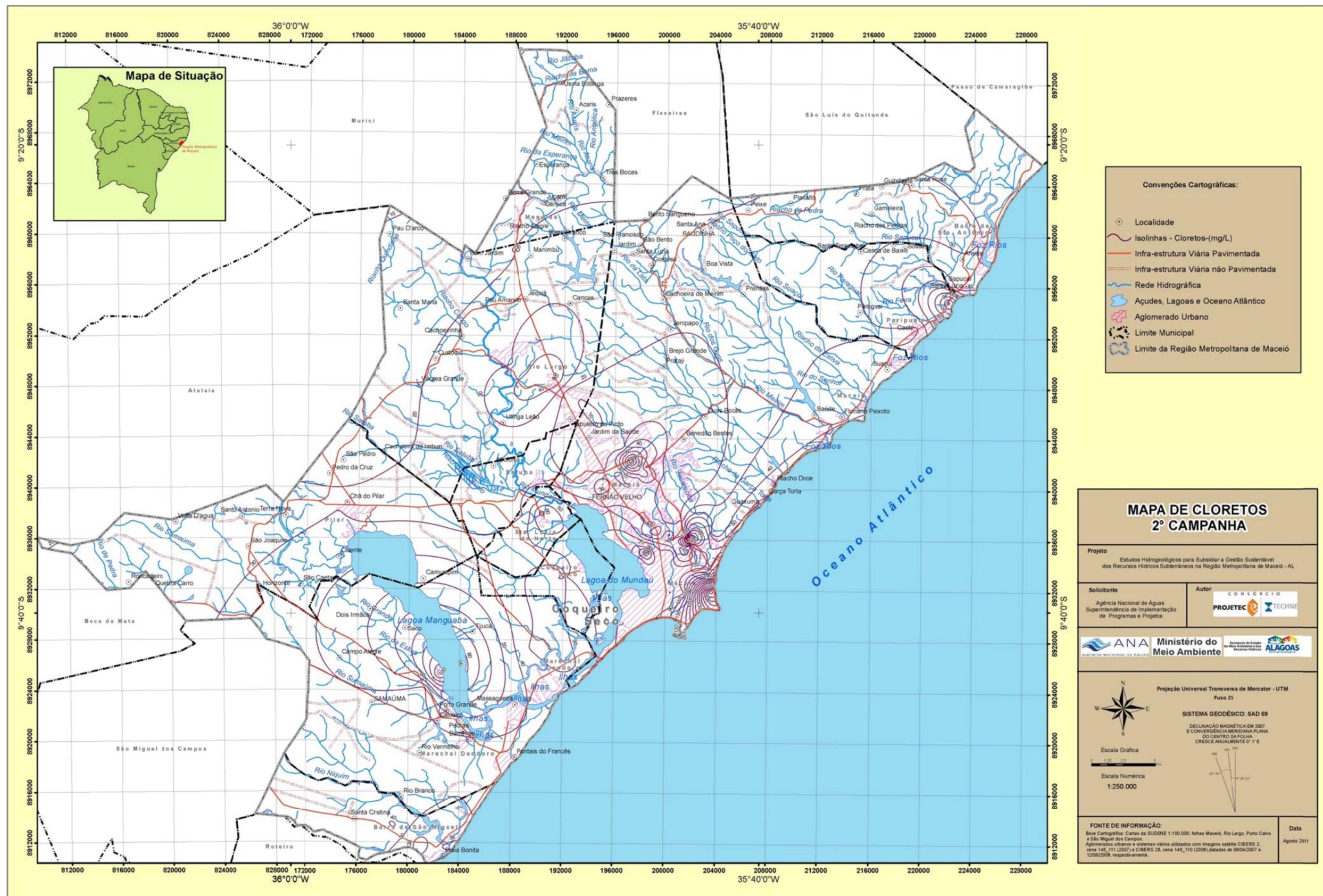


Figura 8.33 – Mapa de Cloretos – 2ª Campanha.

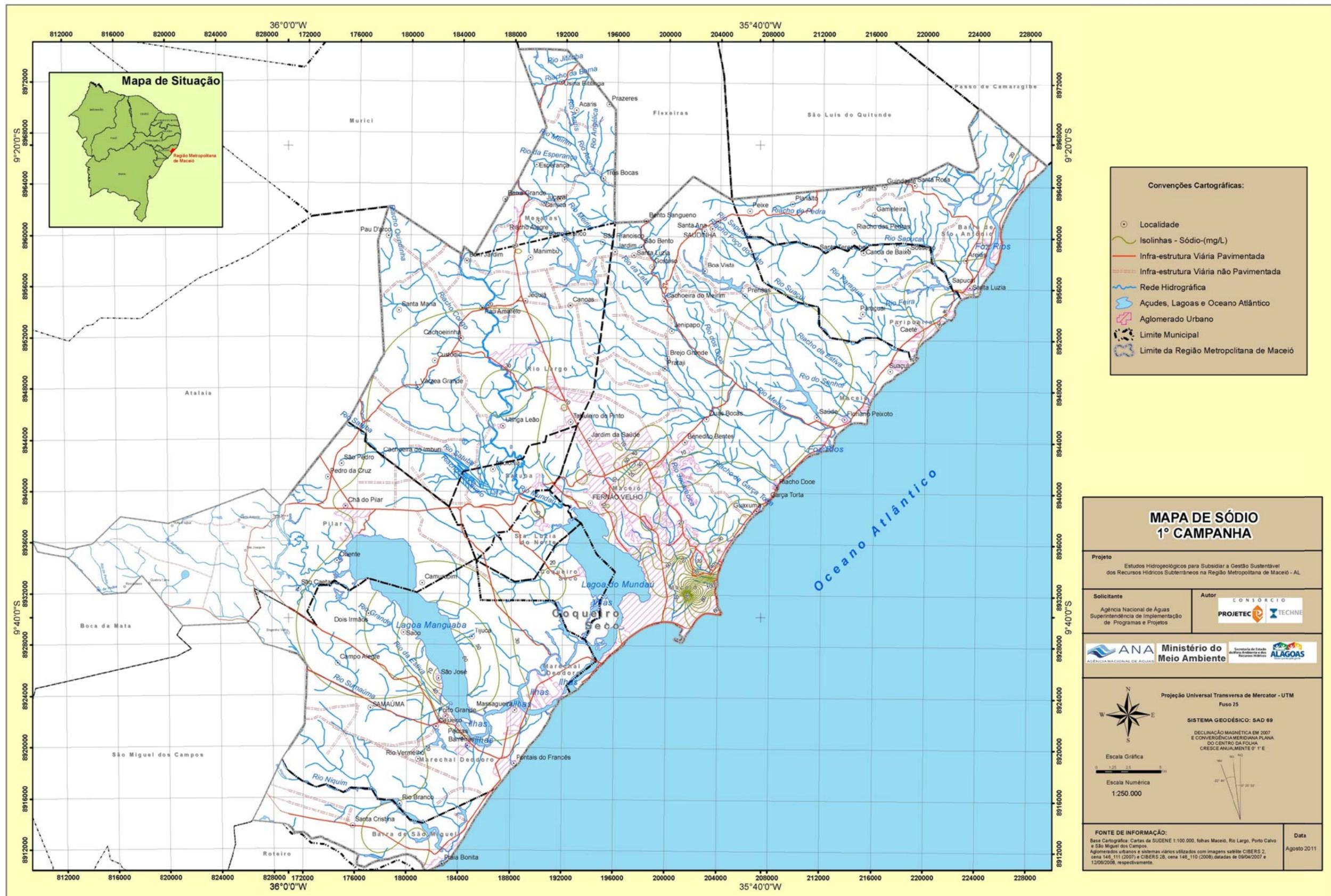


Figura 8.34 – Mapa de Sódio – 1ª Campanha.

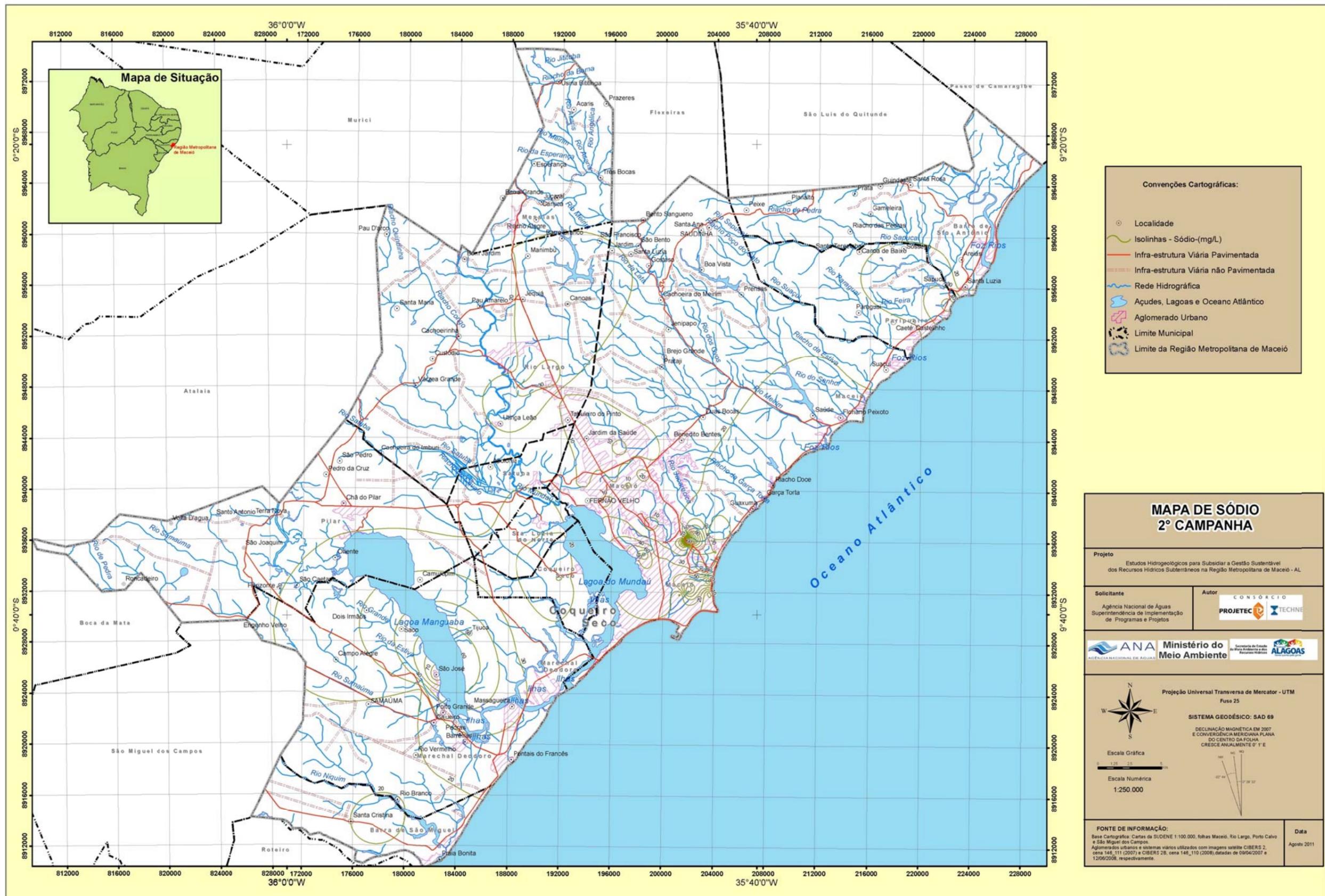


Figura 8.35 – Mapa de Sódio – 2ª Campanha.

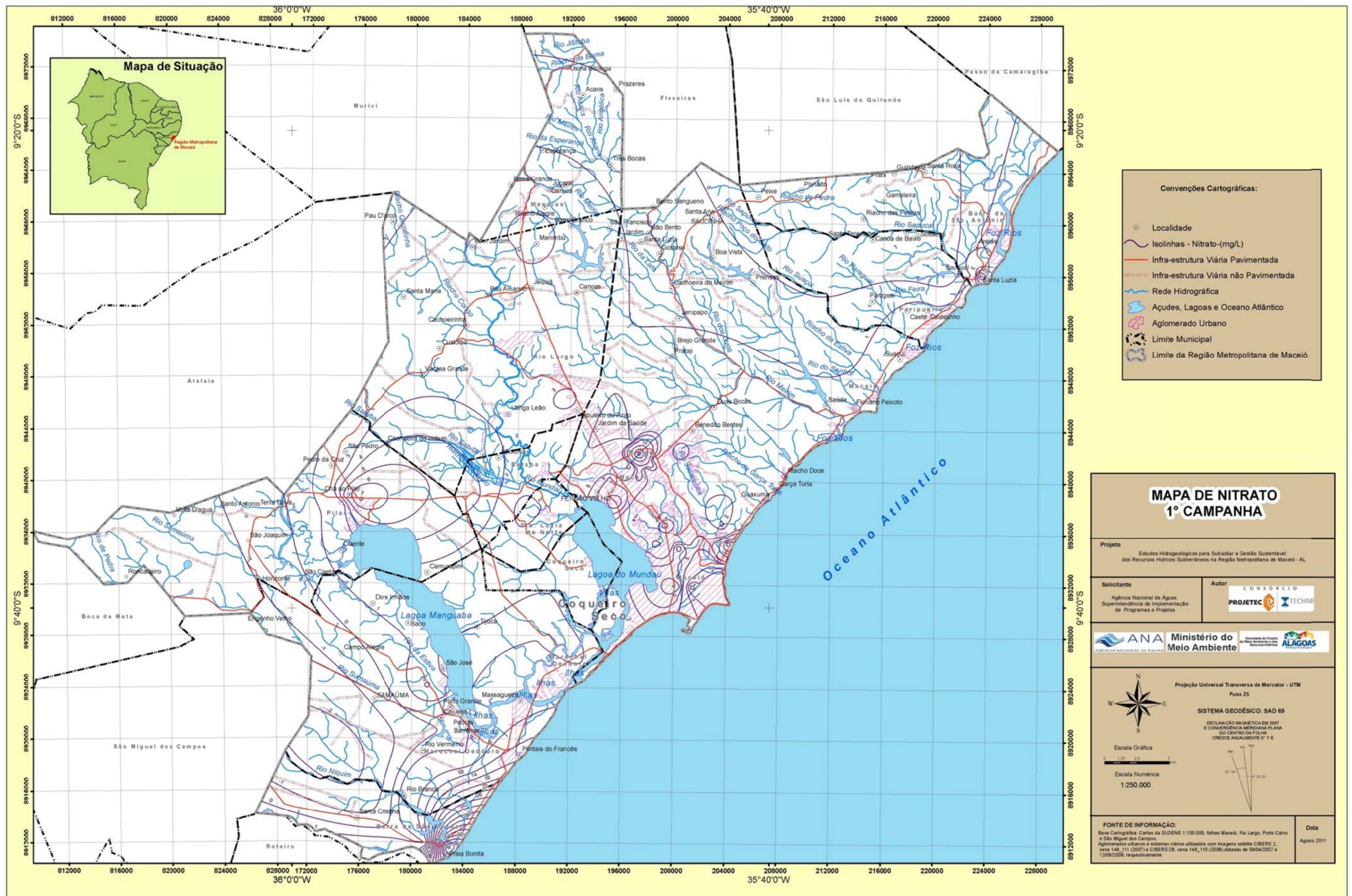


Figura 8.36 – Mapa de Nitrato – 1ª Campanha.

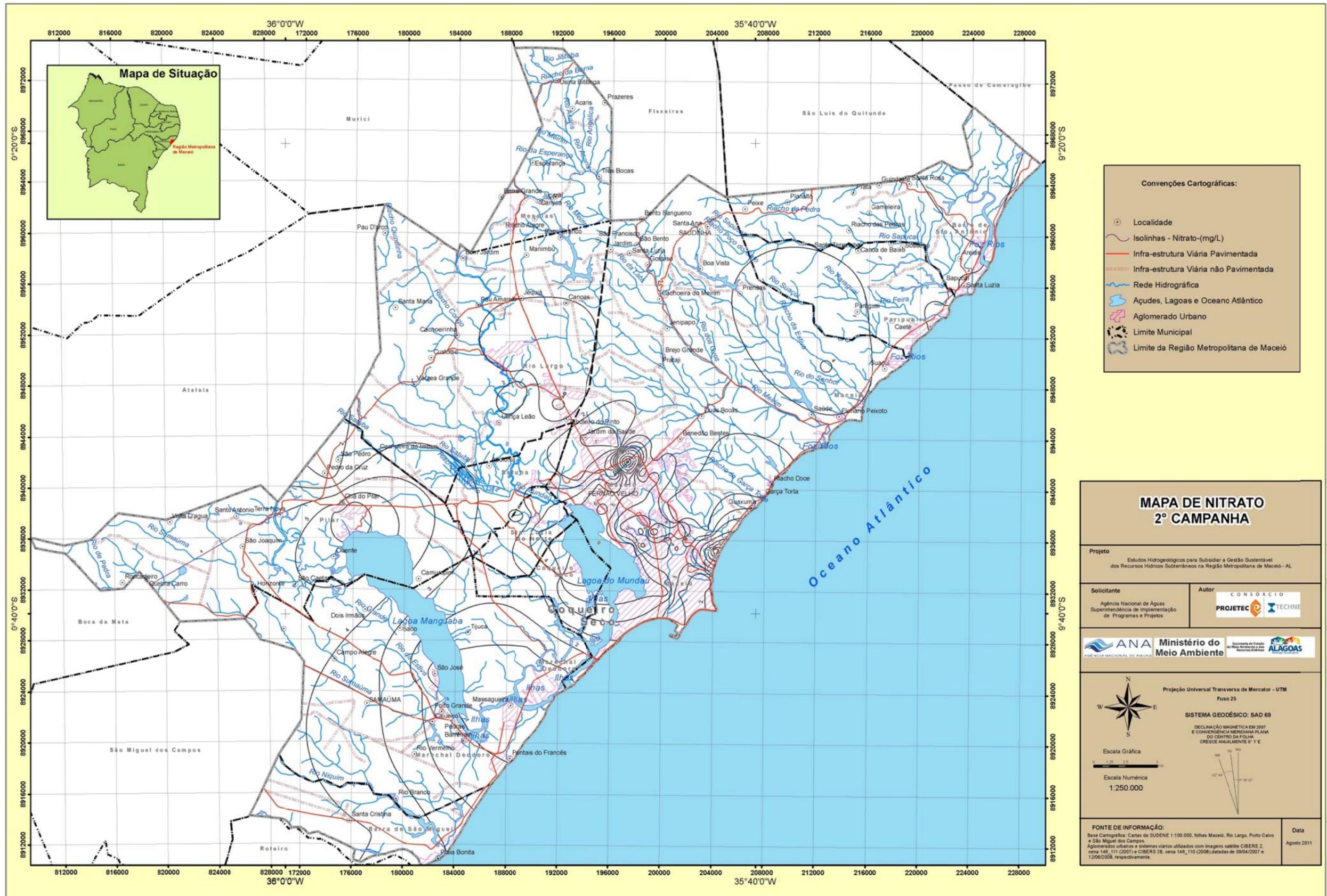


Figura 8.37 – Mapa de Nitrato – 2ª Campanha.

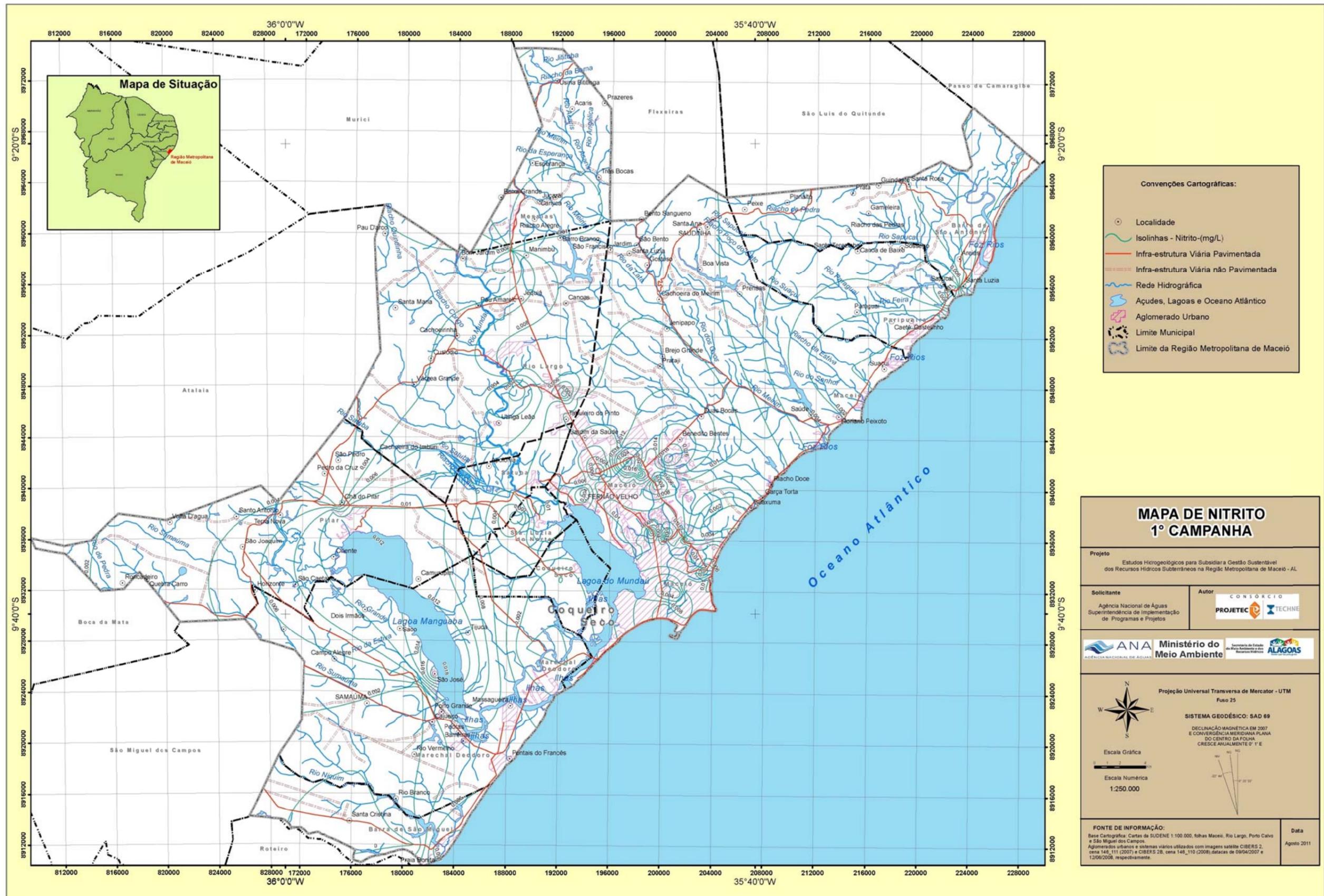


Figura 8.38 – Mapa de Nitrito – 1ª Campanha.

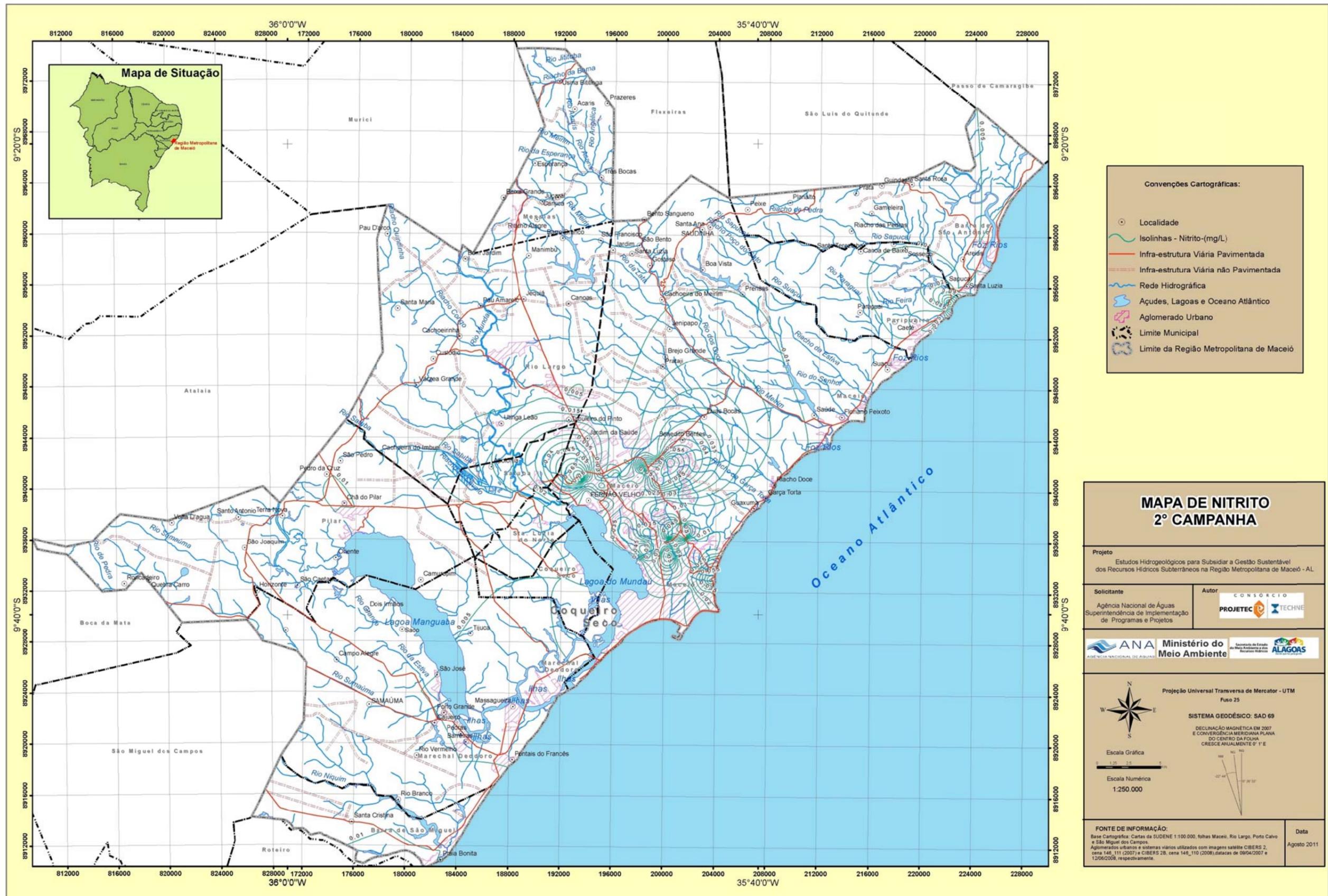


Figura 8.39 – Mapa de Nitrito – 2ª Campanha.

Observam-se pelos mapas de isovalores que a maior parte da área estudada encontra-se com valores dentro da faixa de potabilidade para o consumo humano, havendo, no entanto, anomalias com altas concentrações dos mesmos em pontos localizados na área pesquisada.

Observa-se ainda que os focos de altas concentrações de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, cloretos e sódio são praticamente os mesmos, apesar das pequenas diferenças nas suas configurações.

As águas subterrâneas da RMM apresentam mineralizações muito baixas, com conteúdos em cloreto, em geral, inferiores a 50 mg/l e valor médio de 30,4 mg/l. O baixo teor de sais dessas águas evidencia um aquífero costeiro composto por materiais predominantemente arenosos de natureza silicosa, com uma cinética de reação água-rocha muito lenta, e onde os processos de intercâmbio catiônico que se podem observar ainda hoje, seriam reflexos do intercâmbio ocorrido nas fases iniciais de lixiviação do aquífero, por diluição da água salina existente nos minerais argilosos.

O quartzo é o mineral mais abundante e estável entre os minerais componentes das rochas aquíferas da RMM. Não se altera para nenhuma outra espécie mineral, mas pode passar muito lentamente a solução.

8.2. Parâmetros Avaliados no Caso de Suspeita de Contaminação

8.2.1. Análises Bacteriológicas

A análise microbiológica de rotina da água subterrânea para a avaliação de sua potabilidade, não é e não deve ser baseada na identificação de microrganismos patogênicos, devido ao seu acesso esporádico ao ambiente hídrico e baixo tempo de sobrevivência nessas condições, podendo ser perdidos em uma amostra submetida a análises laboratoriais. Além disso, são necessárias 24 horas para sua detecção em laboratório, tempo suficiente para que um grande número de pessoas faça uso dessa água contaminada. Por essas razões os microrganismos indicadores (coliformes fecais e totais) são a opção de parâmetro microbiológico da qualidade sanitária de água (Pelczar *et al.*, 1996).

A presença desses microrganismos indica a possibilidade da contaminação por patógenos, fezes humanas e ou de animais de sangue quente, não constituindo, os indicadores, um risco propriamente dito à saúde pública.

O grupo coliforme consiste de bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos, não esporulados, que fermentam lactose formando ácido e gás em 24 – 48 h em meio líquido ou sólido na faixa de 32 – 35 °C (Pelczar *et al.*, 1996). Os gêneros incluídos no grupo coliforme são *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Escherichia*.

Os coliformes totais são comumente encontrados nas fezes de animais de sangue quente, material vegetal e no solo, por isso a *E. coli* é a mais utilizada como indicador direto de contaminação por fezes, pois sua presença está intimamente ligada à presença de contaminação fecal.

Os resultados da análise bacteriológica (Quadro 8.61) são importantes instrumentos auxiliares no controle das condições higiênicas dos poços para consumo humano, na avaliação da eficiência da remoção de bactérias nas etapas de operação dos poços de abastecimento para consumo humano e na estimativa da presença de bactérias nocivas ao homem presentes nos poços.

Dos seis poços que acusaram contaminação bacteriológica três estão sendo contaminados visivelmente por atividades antrópicas comerciais ou industriais, quais sejam: o da BUNGE Fertilizantes, da Manguaba Petróleo e da Casa de Saúde Ulisses

Pernambucano. Os outros dois, de conjuntos residenciais: o Santa Lucia e o Dom Adelmo Machado, podem estar sendo contaminados por fossas residenciais ou vazamentos de esgotos. O da SEMARH pelo lixão, como comentado anteriormente.

As contaminações por coliformes fecais podem ocorrer diretamente da superfície, por poços mal acabados ou abertos, sendo que em alguns poços esta pode ser a principal via de contaminação e não as fossas residenciais.

As contaminações bacteriológicas parecem ter ocorrência apenas localizada, não apresentando continuidade no sentido do fluxo da água subterrânea, o que pode ser explicado pelo tempo de sobrevivência das bactérias.

Esses pontos de contaminação dispersos podem representar uma situação perene ou transitória, ou mesmo acidental. Estudos específicos de caracterização pontual de todas as fontes potenciais de contaminação deve ser objeto de um estudo específico a ser realizado em continuidade ao presente estudo de caráter regional.

Quadro 8.61 – Resultados das análises bacteriológicas dos poços da RMM.

Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Profundidade (m)	Coliformes	
			N	E			Fecais	Totais
107257	Cidade Universitária (PCU01)	Maceió	8943256	196546	Barreiras/Marituba	150	Ausente	Ausente
107273	Sítio São Jorge - PBD-05	Maceió	8935575	201904	Barreiras/Marituba	133	Ausente	Ausente
107274	Rua Ceará - PBD-03	Maceió	8935462	201206	Barreiras/Marituba	104	Ausente	Ausente
107252	Pça Antônio C.Magalhães-PAM 01	Maceió	8934601	201129	Barreiras/Marituba	203	Ausente	Ausente
107261	Dubeaux Leão - PJDL-02	Maceió	8941208	198275	Barreiras	?	Ausente	Ausente
107250	Jardim Serraria	Maceió	8937440	201253	Barreiras/Marituba	107	Ausente	Ausente
107254	Benedito Bentes PBBE-01	Maceió	8942740	199250	Barreiras/Marituba	73	Ausente	Ausente
107253	Santa Lúcia - PLSL 04	Maceió	8940477	197307	Barreiras/Marituba	100	Presente	Presente
107259	Colina dos Eucaliptos - PCE	Maceió	8938802	195456	Barreiras/Pré- Barreiras	?	Ausente	Ausente
107264	Osman Loureiro - POL-02	Maceió	8940310	195110	Barreiras	?	Ausente	Ausente
107251	Posto Liderança	Maceió	8938317	195601	Barreiras/Marituba	140	Ausente	Ausente
107269	Vila Emater	Maceió	8935484	204047	Barreiras/Marituba	59	Ausente	Ausente

Quadro 8.61 – Resultados das análises bacteriológicas dos poços da RMM (continuação).

Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Profundidade (m)	Coliformes	
			N	E			Fecais	Totais
107262	Instituto da Visão	Maceió	8931872	200397	Barreiras	80	Ausente	Ausente
107270	Cj. Dom Adelmo Machado	Maceió	8933552	203252	Barreiras	?	Presente	Presente
107249	Chácara da Lagoa	Maceió	8939758	193912	Barreiras/Marituba	120	Ausente	Ausente
107265	Petrosynergy	Maceió	8935497	197735	Barreiras/Marituba	100	Ausente	Ausente
107266	Posto Portugal	Maceió	8935497	197735	Barreiras/Marituba	?	Ausente	Ausente
107255	Bunge Fertilizantes	Maceió	8942099	197286	Barreiras	?	Presente	Presente
107268	Semarh	Maceió	8935249	204139	Barreiras	?	Presente	Presente
107263	Manguaba Petróleo	Maceió	8940848	193526	Barreiras/Marituba	116	Presente	Presente
107256	Casa de Saúde U.Pernambucano	Maceió	8934386	196182	?	?	Presente	Presente
107258	Colégio Batista	Maceió	8930804	200331	Barreiras	62	Ausente	Ausente
107260	Cristalvidro	Maceió	8937068	100231	Barreiras	?	Ausente	Ausente
107267	Posto Rotary	Maceió	8934890	200379	Barreiras	80	Ausente	Ausente
107271	Santa Luzia 04	Barra Sto. Antonio	8956104	223242	Barreiras	22	Ausente	Ausente
107272	Loteamento Frei Damião	Pilar	8938697	174741	Barreiras/Marituba	89	Ausente	Ausente

Quadro 8.61 – Resultados das análises bacteriológicas dos poços da RMM (continuação).

Número Laboratório	Local	Município	Coordenadas UTM		Aquífero	Profundidade (m)	Coliformes	
			N	E			Fecais	Totais
107275	Adefal	Maceió	8935497	197735	Barreiras	?	Ausente	Ausente
107277	Copra	Maceió	8942099	197286	Barreiras	?	Ausente	Ausente
107278	Sempma	Maceió	8935249	204139	Barreiras	?	Ausente	Ausente
107276	Unicompra Cambona	Maceió	8940848	193526	Barreiras	?	Ausente	Ausente

8.2.2. Análises de BETEX e FENÓIS

Foram analisadas 20 amostras de água em poços de postos de gasolina com a finalidade de detectar possíveis contaminações por organoclorados originados de vazamentos de combustíveis.

As análises de BETEX e fenóis foram realizadas pela Central Analítica Ltda. e seus resultados estão configurados no Quadro 8.62.

Quadro 8.62 – Resultados dos parâmetros orgânicos.

Reg.	Postos de combustíveis	Parâmetros químicos orgânicos					
		mg/l	µg/l				
		Fenóis	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m.p.xilenos	o - xileno
001	Autoposto R2	3,68	<1	<1	<1	<1	<2
002	Posto Liderança	4,87	<1	<1	<1	<1	<2
003	Posto Clean Car	7,25	<1	<1	<1	<1	<2
004	Posto Ecológico – Santa Luzia do Norte	8,04	<1	<1	<1	<1	<2
005	Posto Aliança	3,28	<1	<1	<1	<1	<2
006	Posto Jacutinga	6,85	<1	<1	<1	<1	<2
007	Posto Flecha	4,08	<1	<1	<1	<1	<2
008	Maguaba Petróleo	4,47	<1	<1	<1	<1	<2
009	Posto Portugal	15,19	<1	<1	<1	<1	<2
010	Petrosynerg	8,04	<1	<1	<1	<1	<2
011	Posto Rosa Maria – Barra de Santo Antônio	7,26	<1	<1	<1	<1	<2
012	Posto Shopping	5,66	<1	<1	<1	<1	<2
013	Posto Avenida	6,85	<1	<1	<1	<1	<2
014	Posto Hannah	8,04	<1	<1	<1	<1	<2
015	Posto Shammah	4,47	<1	<1	<1	<1	<2
016	Posto Pichilau	2,49	<1	<1	<1	<1	<2
017	Posto Rotary	4,87	<1	<1	<1	<1	<2
018	Mc Donald's	8,12	<1	<1	<1	<1	<2
019	Posto Porto Bello - Paripueira	9,23	<1	<1	<1	<1	<2
020	Autoposto Ponto 10 – entre Satuba e Pilar	15,98	<1	<1	<1	<1	<2

As amostras de BETEX e fenóis foram coletadas em 05 de fevereiro de 2010 e suas análises foram realizadas em 11/02/2010.

Os hidrocarbonetos monoaromáticos ou BETEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são extremamente tóxicos e potencialmente cancerígenos, podendo assim causar grande dano ao meio ambiente e em especial as águas subterrâneas e, como consequência, podendo atingir ao homem. A inalação de tolueno ou xilenos pode induzir distúrbios no modo de falar, na visão, audição, no controle dos músculos e outros, além de sugerirem a associação entre benzeno e xilenos e o surgimento de tumores cerebrais.

Fenóis são definidos como hidroxiderivados do benzeno e seus núcleos condensados e podem ser encontrados nas águas subterrâneas em baixas concentrações provenientes da degradação de substâncias naturais, das descargas de efluentes industriais, petroquímicas e práticas na agricultura.

Os fenóis quando da ingestão, por seres humanos, os sintomas conhecidos pela intoxicação são as náuseas, vômitos, dores na cavidade bucal entre outros. Após um estudo efetuado em hamster, relativamente à exposição prolongada a esta substância, em baixas concentrações, comprovou-se que estes desenvolvem talassemias, leucemias e tumores. No entanto, em relação aos humanos, ainda nada foi testado.

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas subterrâneas através das descargas de efluentes industriais. Indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais.

- Toda a amostra analisada apresentou teor de fenóis acima do limite padronizado de 3,00 µg/l;
- O BETEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) são compostos voláteis de hidrocarbonetos presentes na gasolina, óleos para motor, óleo diesel, querosene e óleos minerais e os fenóis são compostos semi-voláteis de hidrocarbonetos presente em solventes de petróleo, óleos combustíveis. O fenol e demais compostos fenólicos são reconhecidos como uma das principais causas de contaminação das águas subterrâneas em áreas industrializadas. Resíduos de refinarias de petróleo, indústrias cerâmicas, fábricas de resinas e plásticos, indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, têm sido reportados como fontes potenciais da contaminação e são responsáveis pela presença de fenóis nas águas subterrâneas;
- Os prováveis fatores que contribuíram para a não detecção do BETEX foram: utilização de poços tubulares profundos e não de poços apropriados para um sistema de monitoramento de hidrocarbonetos (piezômetros rasos) eficiente para captar a pluma de contaminação, que esteja flutuando na superfície da água subterrânea; presença de camadas superiores argilosas; profundidade da zona saturada superior a 5 (cinco) metros;
- O fato de nas análises coletadas em poços profundos não haver valores elevados de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno, não significa que não estejam ocorrendo vazamentos desses contaminantes, pois os fenóis que são mais miscíveis e penetrantes acusaram essa contaminação.

A ocorrência de fenóis em todas as amostras e a exclusão de BETEX pode estar associada também, além dos fatores acima expostos, a vazamentos antigos, porque esses compostos aromáticos, como BETEX, podem se volatilizar depois de certo tempo quando expostos às intempéries, aderir ao solo ou ser adsorvido; bem como, os fenóis têm a capacidade de libertar prótons transformando-se em ânions cuja

solubilidade em água aumenta extraordinariamente (sofre um processo de ionização, incrementando a sua mobilidade).

Outra hipótese é que os fenóis detectados não provêm da contaminação dos postos de combustíveis e sim de outra fonte de contaminação.

De acordo com o estabelecido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (MS, 2004) são permitidos os seguintes limites de contaminação para os hidrocarbonetos em água potável: $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ para benzeno; $170 \mu\text{g.l}^{-1}$ para tolueno e $300 \mu\text{g.l}^{-1}$ para xilenos.

8.3. Coleta de Amostras e Realização de Análises de Isótopos Naturais

A realização das análises de isótopos naturais foi cercada de inúmeros imprevistos e obstáculos desde a definição do laboratório onde seriam efetuadas as análises, passando pela coleta das amostras e, por fim, a própria execução das análises.

Foi tentada a execução das análises inicialmente no laboratório da Universidade Federal do Ceará, tendo sido informado que o equipamento para esse tipo de análise estava desativado; posteriormente foi contatado o laboratório de Piracicaba, em São Paulo, que não aceitou a realização das mesmas por se encontrar com sua capacidade de trabalho totalmente comprometida com a PETROBRAS; por fim a Universidade de Brasília aceitou a realização dessas análises.

O segundo obstáculo a ultrapassar foi a aquisição de recipientes adequados a coleta e armazenamento desse tipo de amostra. Não se encontraram os vidros com tampas especiais que não permitem a existência de bolhas de ar na amostra nem no comércio de Maceió nem no do Recife, tendo sido efetuada a compra somente em São Paulo, o que demandou também certo tempo.

Por fim, quando se coletou o material e se enviou para a Universidade de Brasília, no mês de abril do corrente ano, foi constatada a paralisação temporária do equipamento específico para esse tipo de análise no referido laboratório devido a problema no *software* que interpreta o resultado das análises, segundo informou o responsável pelo laboratório.

8.4. Resultados das Análises de Isótopos Naturais

O hidrogênio e o oxigênio, que fazem parte da molécula da água, apresentam, cada um deles, três formas isotópicas diferentes; o hidrogênio: ^1H , D (^2H) e T (^3H) e o oxigênio: ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . Por isso, a água pode ser encontrada em formas isotópicas diferentes, sendo as mais abundantes H_2^{16}O , H_2^{18}O e HD^{16}O . As abundâncias relativas (em %) médias destas três moléculas da água são respectivamente:

99,73; 0,20; 0,032

Portanto, a quantidade de moléculas H_2^{18}O e HD^{16}O é muito pequena em relação à quantidade de moléculas H_2^{16}O , porém, varia dependendo da origem da água e de processos que ocorrem durante o seu deslocamento e de seu armazenamento superficial. Assim, estas moléculas marcam a água e são usadas como traçadores para pesquisar a história da água.

Os resultados são apresentados em termos de $\delta\text{‰}$, definido por:

$$\delta\text{‰} = (R_a - R_p) / R_p \times 10^3$$

Sendo, R_a a razão isotópica $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ou $\text{D}/^1\text{H}$, respectivamente, da amostra e R_p seu valor para uma água padrão "VSMOW" (Viena Standard Mean Ocean Water da IAEA em Viena/Austria).

O valor de δ mede, portanto, o enriquecimento (ou o empobrecimento, quando < 0) no isótopo pesado na amostra em relação ao padrão. É importante que, devido à grande predominância do isótopo mais leve (^1H ou ^{18}O), o δ comporta-se como uma concentração em misturas de águas de valores de δ diferentes (i.e., segue uma reta de mistura).

Os aspectos mais importantes para interpretar nosso contexto são:

- As chuvas modernas na região apresentam valores médios ponderados em torno de $\delta^{18}\text{O}\text{‰} = -4$ e $\delta\text{D}\text{‰} = -14$.
- Águas que sofreram evaporação mostram enriquecimento nos isótopos mais pesados e apresentam, portanto, δ significativamente elevado em relação ao das águas pluviais.

A determinação do oxigênio-18 (^{18}O) e do deutério (D) na água dá excelente contribuição no estudo do ciclo hidrológico. Relacionando esses dois isótopos, Craig (1961) observou que as águas naturais guardam uma relação do tipo $\delta\text{D} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10$ e que, se águas sofrem evaporação, apresentam uma relação também linear, mas com coeficiente angular menor do que 8. Especialmente nas regiões onde as águas subterrâneas são muito salinas é possível identificar se a concentração salina decorre do processo de evaporação ou de processos internos do aquífero.

Como as águas ficam marcadas pelos isótopos, as águas subterrâneas que não evaporaram antes da infiltração guardam as características isotópicas das águas de chuva, se a infiltração não ocorre através de um reservatório superficial. A água subterrânea que recebe contribuição de reservatórios superficiais fica marcada pelo efeito (de elevação da concentração dos isótopos pesados) da evaporação nas águas dos reservatórios. Assim, com estes isótopos é possível identificar interações água superficial/ água subterrânea.

As medidas de oxigênio-18 e de deutério foram feitas por Espectrometria de Massa no Laboratório da UnB, Brasília/DF. O erro das medidas é de $\pm 1 \text{‰}$ para o hidrogênio e de $\pm 0,1\text{‰}$ para o oxigênio. No Quadro 8.63 a seguir, encontram-se os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e δD de amostras dos poços na Região Metropolitana de Maceió/AL.

Os valores mais elevados são das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió - RMM, respectivamente $\delta^{18}\text{O} = -1,08 \text{‰}$ e $\delta\text{D} = 2,4 \text{‰}$. O monitoramento das Precipitações Globais feito pela IAEA e resumido por Rozanski *et al.* (1993) mostrou que na região da RMM os valores de $\delta^{18}\text{O}$ variam de -2 a -4‰ ; portanto, as águas analisadas são de chuvas com posterior evaporação.

A relação entre deutério e oxigênio-18 de $\delta\text{D} = 4,52 \times \delta^{18}\text{O} + 6,66$ (Figura 8.40) quando comparada com a reta meteórica mundial $\delta\text{D} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10$ também indica (pela inclinação convergente) processo de evaporação.

As medidas dos isótopos oxigênio-18 e deutério mostram que a recarga do sistema aquífero é lenta, sujeitas à evaporação antes da infiltração, o que pode sugerir a recarga pelos corpos de água superficial, como as lagoas existentes (Lagoa do Mundaú e Lagoa Manguaba).

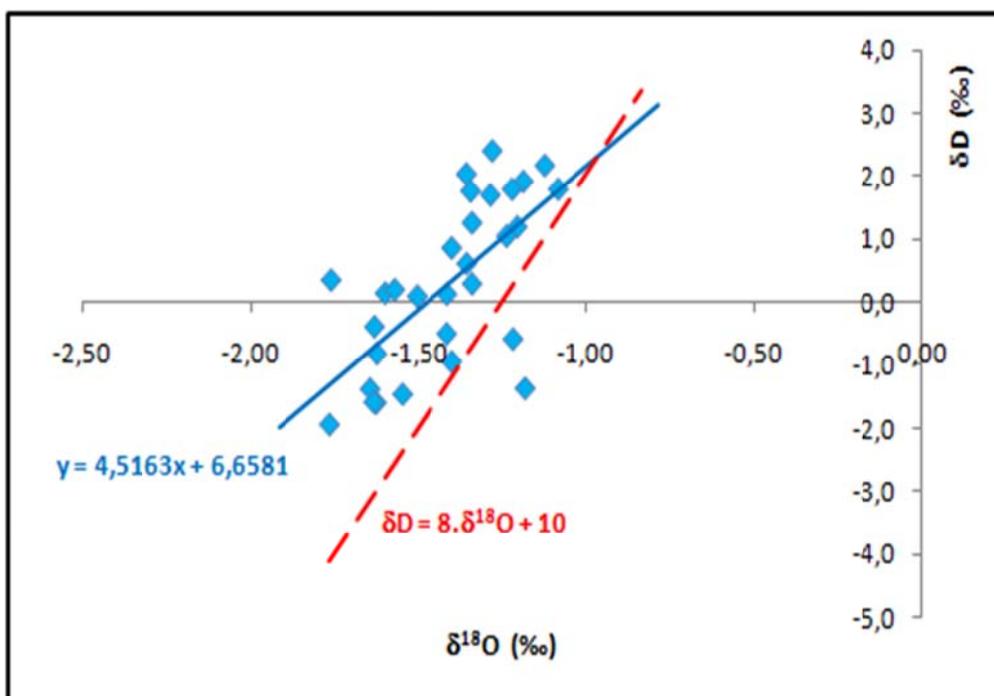


Figura 8.40 - δD versus $\delta^{18}O$ em amostras de água subterrânea da Região Metropolitana de Maceió.

Quadro 8.63 - Valores de $\delta^{18}O$ e δD das análises na Região Metropolitana de Maceió.

Local	UTM E	UTM N	δD	$\delta^{18}O$
E.T.A. Cardoso	198.445	8.934.854	-1,5	-1,55
Bebedouro Pb 04	198.279	8.935.132	0,1	-1,60
Benedito Bentes Pbb 01	858.562	8.941.901	1,2	-1,34
Osman Loureiro Pol 02	853.284	8.939.742	0,8	-1,40
Praça Antonio Carlos Magalhães	201.133	893.4603	0,1	-1,50
BUNGE	197.286	8.942.099	1,9	-1,19
SEMARH	204.179	8.935.329	-0,4	-1,63
Conj. Elias Pontes Bonfim	206.068	8.938.185	0,2	-1,57
Instituto da Visão	200.347	8.931.865	0,3	-1,76
Residencial Dom Adelmo Machado	861.562	8.933.258	-0,9	-1,40
Mun. Santa Luzia - Pov. Quilombo	190.360	8.936.410	1,7	-1,34
Mun. Barra de St. Antonio-Pov. Sta. Luzia Pt04	223.062	8.956.043	-1,9	-1,76
Vila Emater	203.108	8.933.620	-0,8	-1,62
Mun. Barra de Santo Antonio - Pt 05	229.718	8.958.773	-1,4	-1,64
Mun. Coqueiro Seco – Reserv. CASAL Centro	193.026	8.933.347	-1,6	-1,62
Cond. Sonho Verde	222.211	8.955.052	-0,6	-1,22
G. Barbosa	203.673	8.934.298	2,0	-1,36
Igal	202.740	8.934.078	-0,5	-1,41

Quadro 8.63 - Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e δD das análises na Região Metropolitana de Maceió (continuação).

Local	UTM E	UTM N	δD	$\delta^{18}\text{O}$
Posto Rosa Maria - Tabuba	222.721	8.955.895	-1,6	-1,63
Petrosynerg	197.735	8.935.496	1,2	-1,20
Posto Liderança	201.213	8.937.227	0,3	-1,34
Mc Donald's	203.551	8.932.293	2,4	-1,28
Posto Pichilau	197.410	8.938.670	0,6	-1,35
Posto Flecha	188.460	8.956.314	2,2	-1,12
Ute Rio Largo	188.809	8.947.794	1,0	-1,24
Casa de Saúde Ulisses Pernambucano	196.182	8.934.386	1,7	-1,28
Colégio Santa Úrsula	203.563	8.931.967	1,8	-1,22
Mun. Marechal Deodoro - Cond. Laguna	208.626	8.927.075	0,1	-1,41
Mun. Barra de São Miguel – Lot. Alta Vista	181.048	8.911.932	1,8	-1,08
Shopping Iguatemi	202.230	8.932.381	-1,4	-1,18

Observa-se nos resultados analíticos que a soma de ânions é maior que a soma de cátions na grande maioria dos dados (98%), visto que os teores destes ânions estão próximos dos limites de detecção dos métodos analíticos utilizados e que ocorrem ânions não analisados, optando-se por não excluir nenhum dado analítico.

A Figura 8.41 mostra os locais de coletas das amostras das diversas análises.

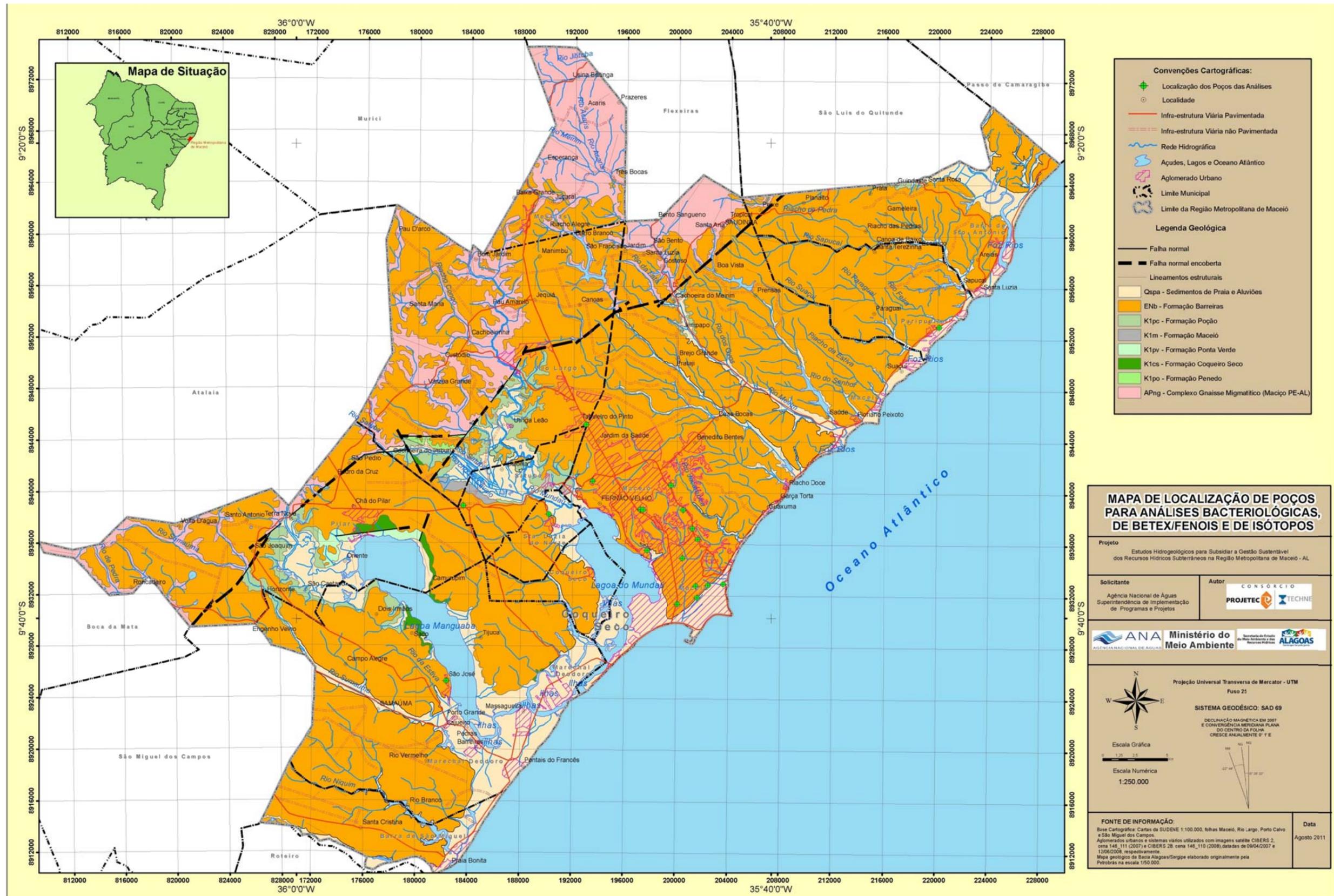


Figura 8.41 – Localização das amostras coletadas para as análises bacteriológicas, BETEX/fenóis e de isótopos naturais.

BIBLIOGRAFIA

- ASMUS, H.E. & BAISCH, P.R. **Geological evolution of the Brazilian continental margin: Episodes**, v.4, p. 3 – 9, 1983.
- ASMUS, H.E. & PORTO, R. **Diferença nos Estágios Iniciais da Evolução da Margem Continental Brasileira: Possíveis Causas e Implicações**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Anais, Camburiú, Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p. 225-239, 1980.
- BOWER, H. **Ground water hidrology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 480 p., 1978.
- BRITO NEVES, B.B. de **Regionalização geotectônica do pré-cambriano Nordestino**, São Paulo – SP, 199 p. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1975.
- CAVALCANTE, A.T. **Recursos hídricos subterrâneos da área de Maceió - Alagoas – Brasil**, Recife – Pernambuco, 204 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, 1978.
- COSTA, W.D. **O controle estrutural na formação dos aquíferos na planície do Recife**. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 8 pag. Recife/PE, 1994.
- COSTA, W.D.; SANTOS, A.C.; COSTA FILHO, W.D. **O controle estrutural na formação dos Aquíferos na planície do Recife**, Recife In: 8º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS, 38-43, 1994.
- CRAIG, H. **Isotopic variations in meteoric waters**. *Science* 133 p. 1702, 1961.
- CUSTODIO, E., **Contribuciones al conocimiento geohidroquímico de la Isla de Lanzarote** (Islas Canarias, España). Arrecife Lanzarote: UNESCO-PNUD, 92 p. Simposio Internacional Sobre Hidrología de Terrenos Volcánicos, 1974.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.R. **Hidrología Subterránea**, vol 2, (1ª Edição) Edições Omega S.A., Barcelona, 1152 p., 1976.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.R. **Hidrología Subterránea**, vol 2, Edições Omega S.A., Barcelona, 1152 p., 1983.
- DRISCOLL, F.G. **Groundwater and Wells**, 2ª edition, Johnson Division, St Paul, MN., 899 p., 1986.
- FALKENHEIM, F.U.H. **Projeto Sergipe-Alagoas**, Rio de Janeiro, PETROBRAS, Rel. Interno, 53 p., 1984.
- FEIJÓ, F.J. **Bacias de Sergipe e Alagoas**. Boletim de Geociências da PETROBRAS, N° 1, vol. 8, Rio de Janeiro. p. 149 – 161, 1994.
- FEIJÓ, F.J. & LANA, M.C. **Cartas estratigráficas das bacias de Alagoas e Sergipe**. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Rel. Interno, 12 p., 1990.
- FIGUEIREDO, A.M.F. **Avaliação das perspectivas petrolíferas da Bacia Sergipe-Alagoas**. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Rel. Interno, 85 p., 1978.

- HEM, J.D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water.** U. S. Geological Survey. Water Supply Paper, n. 2254, 1985. 263 p., 1985.
- HILL, M. J. HAWKSWORTH, G.; TATTERSALL G. **Bacteria nitrosamines and cancer of the Stomach.** *Br. J. Cancer.*, n. 28, p. 562-567, 1973.
- LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de água.** Recife: U.S. Agency for International Development, 67 p., 1965.
- MABESOONE, J.M. & CASTRO, C. de **Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro.** Boletim do Núcleo do Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia. Nº 3. Recife. pp. 5-37; 1975.
- MATHESS, G. **Die Beschaffenheit des Grundwassers.** Berlin: Gebruder Bornträger, v. 2., 98 p., 1973.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE **Portaria n.º 518 de 25 de março de 2004, Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade,** Brasília-DF, 15 p., 2004.
- OJEDA, H.A.O. & FUGITA, A.M. **Bacia Sergipe-Alagoas: Geologia regional e perspectivas petrolíferas.** In: Anais XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre – RS Anais, v.1, p. 137 – 158, 1976.
- OJEDA, H.A.O. **Estrutura, estratigrafia e evolução das bacias marginais brasileiras.** *Rev. Bras. Geoc.*, 11(4) : 257-273, 1981.
- PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E.C. **Microbiologia.** ed. McGraw-Hill, Inc. v. 2., 562 p., 1996.
- PETROBRAS/DNPM **Carta Geológica da Bacia Sergipe e Alagoas, folha SC. 25-V-C- IV-2 (Maceió).** Escala de 1:50.000 . Maceió, 1975.
- ROCHA, W.J.S da **Estudo da salinização das águas subterrâneas na região de Maceió a partir da integração de dados Hidrogeológicos, Hidrogeoquímicos e Geométricos.** Brasília, 193 p. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, 2005.
- ROCHA, W.J.S.; CAMPOS, J.E.G.; CAVALCANTE, A.T. **Estudo da Evolução Potenciométrica dos Aquíferos da Região de Maceió – Al.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 24, n. 2, p. 193-201, 2005.
- ROZANSKI, K; ARAGUAS-ARAGUAS, L; GIOFIANTINI, R. **Isotopic patterns in modern global precipitation,** *Geophysical Monograph*, 78: p. 1–36, 1993.
- SALDANHA, L.A.R.; CAVALCANTE, A.T.; WANDERLEY, P.R. de M.; ROCHA, F.C. **Grupo Barreiras: Contribuição ao seu conhecimento no Estado de Alagoas.** In: Simp. Geol. NE, 7, Fortaleza, Anais ... SBG, p. 113-119, 1975.
- SANTOS, A.C. **Noções de Hidroquímica.** In Feitosa F.A.C. e Filho, J. M. (ed). *Hidrogeologia – Conceitos e aplicações.* (2ª edição) p. 81-108, Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID – UFPE, 2008.

- SANTOS, R.J.Q. dos; FERREIRA NETO. J.V.; CAVALCANTE. A.T.; WANDERLEY, P.R. de M. **Condicionamento da geologia estrutural na potencialidade das águas subterrâneas em áreas do Município de Maceió-AL.** In: IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, Olinda-PE, p. 283-288, 2001.
- SCHALLER, H. **Revisão estratigráfica da Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas.** Rio de Janeiro, Boletim Técnico da PETROBRAS. V. 12, n.º 1, p. 21 – 85, 1969.
- SCHOELLER, H. **Geochemie des eaux Souterraines.** Revue de L'Institute Francais du Petrole, v. 10, p. 230 - 244, 1955.
- SILVA, A.C., **Caracterização do processo de salinização do aquífero Marituba no bairro do Mutange, Lagoa Mundaú – Maceió – Alagoas.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geociências do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco. 131 p., 2005.
- SZIKSZAY, M. **Geoquímica das águas.** Boletim IG-USP. Série Didática, São Paulo-SP, v. 5, p. 1-166, 1993.

