



Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia
Curso de Pós-Graduação em Geologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de concentração: Hidrogeologia e Gestão Hidro-Ambiental

**O CRESCIMENTO URBANO E O RISCO À POLUIÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS FREÁTICAS NO ENTORNO DA LAGOA DA
PARANGABA, FORTALEZA – CEARÁ**

Mestrando: Magno Régis Barros de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC

FORTALEZA - CEARÁ
JANEIRO/ 2013

MAGNO RÉGIS BARROS DE OLIVEIRA

O CRESCIMENTO URBANO E O RISCO À POLUIÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS FREÁTICAS NO ENTORNO DA LAGOA DA
PARANGABA, FORTALEZA – CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em geologia.

Linha de Pesquisa: Hidrogeologia e Gestão das Águas Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante.

FORTALEZA

2013

CGP7999

Magno Régis Barros de Oliveira

O crescimento urbano e o risco à poluição das águas subterrâneas
freáticas no entorno da lagoa da parangaba, fortaleza – ceará

130 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante

Área de concentração: Hidrogeologia e gestão das águas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências. Depto. de Geologia, Fortaleza, 2013.

1. Hidrogeologia 2. Risco à poluição 3. Lagoa da Parangaba I.
Cavalcante, Itabaraci Nazareno (orient.) II. Universidade Federal do Ceará
– Programa de Pós-Graduação em Geologia III. Título

CDD 551

MAGNO RÉGIS BARROS DE OLIVEIRA

O CRESCIMENTO URBANO E O RISCO À POLUIÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS FREÁTICAS NO ENTORNO DA LAGOA DA
PARANGABA, FORTALEZA – CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geologia,
da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Geologia. Linha de Pesquisa: Hidrogeologia e Gestão das Águas.

Aprovada em 22/01/2013

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Christiano Magini

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. George Satander Sá Freire

Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

Ao meu mestre Professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante sou imensamente grato por compartilhar sua experiência que levarei por toda minha vida, os meus pais, Luis Antônio Benevides de Oliveira e Antônia Barros de Oliveira que sempre me apoiaram até nos momentos mais difíceis da minha vida, acolhendo-me em seus braços sempre com muito amor e carinho. A minha irmã Marcia Cristina, ao meu irmão Marcio Vander e minha namorada Sonaira que compartilharam os momentos mais difíceis dessa longa caminhada. A todos os profissionais responsáveis pela a realização desse trabalho, em especial Maria da Conceição Rabelo, Kelfrank e Natália que ajudaram no levantamento dos dados desse trabalho. E todos os amigos que conquistei no Laboratório de Hidrogeologia, sou imensamente grato pela a ajuda, e por compartilharem os conhecimentos adquiridos dentro do laboratório. A todos os funcionários do DEGEO que contribuíram diretamente ou indiretamente para conclusão desse trabalho.

Resumo

Este trabalho reúne informações referentes a um estudo geoambiental, no qual se utilizam dados geológicos e hidrogeológicos, além de ferramentas de Sistema de Informações Geográficas para qualificar o risco à poluição das águas subterrâneas freáticas no entorno da Lagoa da Parangaba no município de Fortaleza, Ceará. Os dados geológicos foram obtidos através de perfis de poços cedidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), que foram essenciais para determinar os Sistemas Hidrogeológicos da área pesquisada. Foram utilizados fotos aéreas em diferentes épocas para avaliar o grau de modificação da paisagem da lagoa e a evolução urbana na região, avaliando os problemas ambientais provocados pelo crescimento urbano. Para qualificar a água subterrânea no entorno da lagoa, foram selecionados 20 poços para coletas de amostras de água, sendo avaliados parâmetros físico-químicos em 19 amostras no período de estiagem e 20 amostras no período chuvoso, além de 5 amostras referentes a qualidade microbiológica; nesse trabalho foram avaliadas as águas da Lagoa da Parangaba em três pontos de coleta, adotando-se os padrões de potabilidade da Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil. Os resultados demonstraram que algumas amostras apresentaram valores inadequados com pH abaixo de 6, consideradas águas ácidas, turbidez acima de 5 UNT, ferro acima de 0,3 mg/L, cloreto superior a 250 mg/L e nitrato com valores elevados, acima de 10 mg/L N-NO₃, além de todas as amostras avaliadas nos parâmetros microbiológicos manifestaram a presença de bactérias do grupo dos Coliformes Fecais, não sendo aprovadas pela Portaria supracitada, já que tais águas podem apresentar risco a saúde humana.

Abstract

This work brings together information on a geoenvironmental study, which uses data on geological, hydrogeological and System Information Geographic to qualify to risk of pollution of groundwater around the pond Parangaba in Fortaleza-CE/Brazil. The geological data were obtained from well, through (SIAGAS), which were to the essences Systems hydrogeological characterize the lithology of the area, aerial photographs were used at different times to assess the degree of modification of the landscape and pond development urban region, in addition to evaluating environmental problems caused by growing urban. To qualify the water around the pond 20 wells were selected to evaluate the physico-chemical parameters in 19 samples on dry season and 20 samples on rainy season, and 5 samples for microbiological, this study also evaluated the waters of the lagoon Parangaba. For this evaluation, we adopted the parameters of the drinkability of Ordinance 2914/2011 Ministry of Health / Brazil. The results showed that in some samples showed values unsuitable pH, turbidity, iron, chloride and nitrate, and all the samples of microbiological parameters showed the presence of coliform bacteria and is not approved by the ordinance of the Ministry of Health of Brazil these waters may present a risk to human health.

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.0	Localização da área de estudo.....	2
2.0	Ilustração que mostra fotos aéreas da área nos anos de 1972 e 2010.....	6
2.1	Ilustração do processo de georreferenciamento da imagem aérea.....	7
2.2	Ilustração do processo de zoneamento das áreas permeáveis da área em estudo.....	8
2.3	Aplicação da membrana branca, quadriculada	11
2.4	Filtragem da água Método da membrana Filtrante	12
2.5	Colônias de coliformes totais formados.....	12
3.0	Média mensal da temperatura no município de Fortaleza nos anos de 2000 a 2010 (Fonte: FUNCEME).....	16
3.1	Média de precipitação pluviométrica nos anos 2000 a 2010, registrados em Fortaleza (Fonte FUNCEME).....	17
3.2.	Topográfica do terreno, mapa confeccionado com arquivos de extensão DWG fornecida pela SEINF	19
3.3	Representa a Mata Ciliar de tabuleiro, situada nas margens da Lagoa.....	21
3.4	Mapa topográfico com a distribuição espacial dos perfis litológico na área de estudos.....	24
3.5	Ilustração das Bacias hidrográficas de Fortaleza.....	25
3.6	Batimetria da Lagoa da Parangaba em set/2006. Fonte: SEMAN, 2006..	26
3.7	Microbacia da Lagoa da Parangaba.....	27
4.0	Estação de trens da Parangaba em 1900. Fonte: Arquivo Nirez <i>apud</i> Lopes, 2006.....	31
4.1	Evolução do crescimento populacional de Fortaleza, Fonte: IBGE.....	33
4.2	Visão da Microbacia hidrográfica da Lagoa da Parangaba, em 1972.....	34
4.3	Ilustração esquemática demonstrando a aceleração do processo de assoreamento da Lagoa da Parangaba.....	36
4.4	Ilustração gráfica das precipitações anuais de 1966 a 2011	37
4.5	Edificação construída em área de (APP) mostra o desrespeito ao Código Florestal Brasileir.....	38
4.6	Ilustração que mostra o rio canalizado.....	39
5.0	Fontes Potenciais de Poluição inserida na área de pesquisa	41
5.1	Localização do cemitério da Parangaba.....	42
5.2	Distribuição espacial dos postos de combustíveis inseridas na área de estudo.....	48
5.2	Drenagem canalizado na área de estudo.....	50
6.0.	Uso dos poços tubulares em torno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza-CE...	51
6.1	Cacimba em mau uso, apresentando condição sanitária precária.....	52
6.2.	Uso dos poços tubulares em torno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza-CE	52
6.3.	Empresa que comercializa o recurso subterrâneo como água adicionada de sais.....	53
6.4.	Mapa da distribuição espacial das obras de captação.....	55
7.0.	Gráfico que ilustra o comportamento da variação dos principais elementos analisados no período de estiagem e chuvoso.....	59

7.1	Variação dos valores de pH no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	62
7.2.	Distribuição dos valores de pH no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	63
7.3.	Ilustração da distribuição da variação de potencial hidrogeniônico	65
7.4	Distribuição espacial da variação dos valores de condutividade elétrica no entorno da Lagoa da Parangaba.....	66
7.5	Variação dos valores de STD das águas subterrâneas no entorno da Lagoa da Parangaba no período de estiagem em ambos os períodos.....	68
7.6	Relação entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos.....	68
7.7	Distribuição espacial da variação dos valores de condutividade elétrica no entorno da Lagoa da Parangaba.....	69
7.8	Variação dos valores de turbidez no entorno da Lagoa da Parangaba.....	70
7.9	Distribuição espacial da variação dos valores de Turbidez entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	72
7.10	Variação dos valores de Sílica no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	73
7.11	Distribuição espacial da variação dos valores de Sílica entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	75
7.12	Variação dos valores de cloreto no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	76
7.13	Distribuição espacial da variação dos valores de cloreto entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	77
7.14	Variação dos valores de sódio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	78
7.15	Distribuição espacial da variação dos valores de sódio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	79
7.16	Distribuição espacial da variação dos valores de potássio no entorno da Lagoa da Parangaba.....	80
7.17	Distribuição espacial da variação dos valores de potássio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	81
7.18	Variação dos valores de cálcio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	82
7.19	Distribuição espacial da variação dos valores de cálcio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	83
7.20	Variação dos valores de magnésio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	84
7.21	Distribuição espacial da variação dos valores de magnésio no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	85
7.22	Variação dos valores sulfato no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	86
7.23	Distribuição espacial da variação dos valores de sulfeto no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	87
7.24	Variação dos valores bicarbonato no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	90

7.25	Distribuição espacial da variação dos valores de bicarbonatos no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	91
7.26	Variação dos valores bicarbonato no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	94
7.27	Distribuição espacial da variação dos valores de nitrato no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	95
7.28	Variação dos valores de fluoreto no entorno da Lagoa da Parangaba	97
7.29	Distribuição espacial da variação dos valores de Fluoreto no entorno da Lagoa da Parangaba em ambos os períodos.....	99
7.30	Diagrama de Piper, com dados referentes às análises realizadas no período em ambos os períodos	100
7.31	Diagrama de Shoeller & Berkaloff das análises realizadas no período chuvoso.....	102
7.32	Diagrama de Shoeller & Berkaloff das análises realizadas no período de estiagem.....	103
8.1	Variação dos valores de dureza da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem.....	108
8.2	Variação dos valores de pH da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem.....	109
8.3	Variação dos valores de CE da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem.....	110
8.4	Variação dos valores de STD da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem	111
8.5	Variação dos valores de turbidez da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem.....	112
8.6	Variação dos valores de Cloreto da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem.....	112
8.7	Variação dos valores de Sulfato da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem	113
8.8	Variação dos valores de Sulfato da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem	114
8.9	Variações dos valores de Nitrato da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem	115
8.10	Variações dos valores de Nitrito da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem	115
8.11	Variações dos valores de Amônia da Lagoa da Parangaba no período chuvoso e no período de estiagem.....	116

LISTA DE TABELAS

	Página
1.0 Ilustrando a estatística descritiva das variações dos valores dos parâmetros analisados da água subterrânea coletados no períodos de estiagem em torna da Lagoa da Parangaba (Outubro de 2011).....	58
2.0 Variação dos valores de ferro em torna da Lagoa da Parangaba	89
3.0 Variação dos valores de ferro em torna da Lagoa da Parangaba.....	92
4.0 Variação dos valores de ferro em torna da Lagoa da Parangaba.....	96
5.0 Análises bacteriológicas nos pontos de coleta.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APPs	Área de Preservação Permanente
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e os isômeros de Xileno
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE	Condutividade Elétrica
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil
CTA	Centro de Tecnologia de Aquicultura
DWG	Drawing - extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
E.T.E	Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da América
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científica e Tecnológico
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Global Positioning System
HCT	Hidrocarbonetos Totais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LPN	Laboratório de Produtos Naturais
MS	Ministério da Saúde
mg/L	Miligrama por litro
NPD	Núcleo de Processamento de Dados
NUTEC	Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial
PADETEC	Parque de Desenvolvimento Tecnológico
ppt	Parte por trilhão
ppb	Parte por bilhão
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
PRPPG	Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
RU	Restaurante Universitário
SAR	Razão de Adsorção de Sódio
SEINF	Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infra-Estrutura
SRH	Secretária dos Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFC	Universidade Federal do Ceará
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UTM	Universal Transversal de Mercator
VTM	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2. Localização e Acesso à Área.....	2
1.3. Justificativa/Relevância do Tema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
2. METODOLOGIA DE TRABALHO.....	4
2.1. Levantamento Bibliográfico.....	4
2.2. Elaboração de Bases Temáticas.....	4
2.2.1. Confeccões dos mapas temáticos.....	5
2.2. Arquivo de Dados de Poços	8
2.3. Etapas de Campo.....	9
2.4. Metodologia em Laboratório	10
2.4.1. Análises dos parâmetros físico-químicos.....	10
2.4.2. Análises bacteriológicas	11
2.5. TRATAMENTO HIDROQUÍMICO.....	13
2.5.1. Tratamento das Análises Físico-Químicas.....	11
2.5.2 Diagramas hidroquímicos.....	15
2.5.2.1 Diagrama de piper.....	15
2.5.2.2 Diagrama de Schoeller & Berkaloff.....	15
2.6. Elaboração da Dissertação de Mestrado.....	15
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	16
3.1. Geomorfologia.....	17
3.2. Vegetação	20
3.3. Solo.....	21
3.4. Geologia.....	22
3.5. Hidrologia.....	25

	Página
3.5.1. Águas superficiais.....	25
3.5.2. Águas subterrâneas.....	28
3.5.2.1. Sistema hidrogeológico.....	28
3.5.2.1.1. Sistema hidrogeológico barreiras.....	29
3.5.2.1.2. Sistema hidrogeológico cristalino.....	29
4 - USO E OCUPAÇÃO E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	31
5 – FONTES PONTENCIAS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	40
5.1 – Conceitos de Poluição/Contaminação.....	40
5.2 – Distribuições Espaciais da Poluição.....	40
5.3 – Fontes Pontencias de Poluição da Área em Estudo.....	41
5.3.1 – Cemitérios	42
5.3.2 – Postos de serviços (combustíveis)	45
5.3.2.1 – A experiência de Fortaleza.....	48
5.3.3 – Fossas Septicas.....	49
5.3.4 – Canal de drenagem.....	50
6 – SITUAÇÕES DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO.....	51
7 - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS.....	56
7.1. Relações Iônicas.....	57
7.2. Composição Físico-Química.....	60
7.2.1. Dureza.....	60
7.2.2. pH.....	61
7.2.3. Condutividade Elétrica.....	64
7.2.4. Sólidos Totais Dissolvidos.....	67
7.2.5. Turbidez.....	70
7.2.6. Sílica (SiO ₂).....	73
7.2.7. Cloreto.....	76
7.2.8. Sódio.....	78
7.2.9. Potássio.....	80
7.2.10. Cálcio.....	82
7.2.11. Magnésio.....	84

	Página
7.2.12. Sulfato.....	86
7.2.13. Ferro.....	88
7.2.14. Bicarbonato	89
7.2.15. Amônia.....	92
7.2.16. Nitrato.....	92
7.2.17. Nitrito.....	96
7.2.18. Fluoreto	96
7.3. Classificação Iônica.....	100
7.4. Consumo Humano.....	101
7.5. Recreação.....	104
7.6. Caracterização Bacteriológica.....	104
8 – ANÁLISES DAS ÁGUAS DA LAGOA DA PARANGABA.....	107
8.1- Características Hidroquímica da Lagoa da Parangaba.....	107
8.1.1. Dureza.....	107
8.1.2. pH.....	108
8.1.3. Condutividade Elétrica.....	109
8.1.4. Sólidos Totais Dissolvidos.....	110
8.1.5. Turbidez.....	111
8.1.6 Cloreto.....	112
8.1.7. Sulfeto.....	113
8.1.8. Ferro.....	113
8.1.9. Nitrato.....	114
8.1.10. Nitrito.....	115
8.1.11. Amônia.....	116
9-CONCLUSÕES.....	117
10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120

1 - INTRODUÇÃO

Fortaleza é uma das cidades que mais se desenvolveu nos últimos dez anos, possuindo 2.452.185 habitantes e uma taxa de crescimento anual de 2,13% em sua região metropolitana (IBGE, 2010). Tal crescimento, muitas vezes sem planejamento, proporciona o surgimento de impactos negativos no ambiente e na qualidade de vida do cidadão.

Dessa forma, assim como nas demais metrópoles do Brasil, Fortaleza apresenta locais onde, notoriamente, são observados impactos ambientais tais como o despejo de efluentes líquidos direcionados para os rios e riachos, a exemplo do que ocorre nos rios Maranguapinho e o Cocó e o lixão a céu aberto (Lixão Jangurussu, ativado em 1978 e desativado desde 1998) contribuindo para a contaminação das águas subterrâneas.

Outro exemplo de contaminação ativa é a Lagoa da Parangaba, localizada no bairro homônimo e inserida em uma área intensamente urbanizada onde são depositados lixos em suas margens proporcionando vários tipos de contaminação, tais como despejo de elementos químicos direcionados à lagoa.

Mesmo dispondo do serviço de esgoto sanitário, a área está localizada em uma região que ao longo das últimas décadas sofreu com os impactos dos processos de urbanização, além de apresentar fontes potenciais de contaminação em seu entorno, tais como cemitério e postos de serviço (combustível).

Dentro deste contexto, foi realizada uma pesquisa para se conhecer as condições geoambientais e o risco de contaminação das águas subterrâneas no entorno da Lagoa da Parangaba.

1.2. Localização da Área de Estudo

A área de estudo situa-se na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará – Nordeste do Brasil, localizando-se na SER IV (Secretaria Executiva Regional) e inserida em sua maior parte no bairro da Parangaba, abrangendo áreas dos bairros do Montese, Itaoca, Demócrito Rocha, Serrinha e Vila Pery (Figura 1.0).

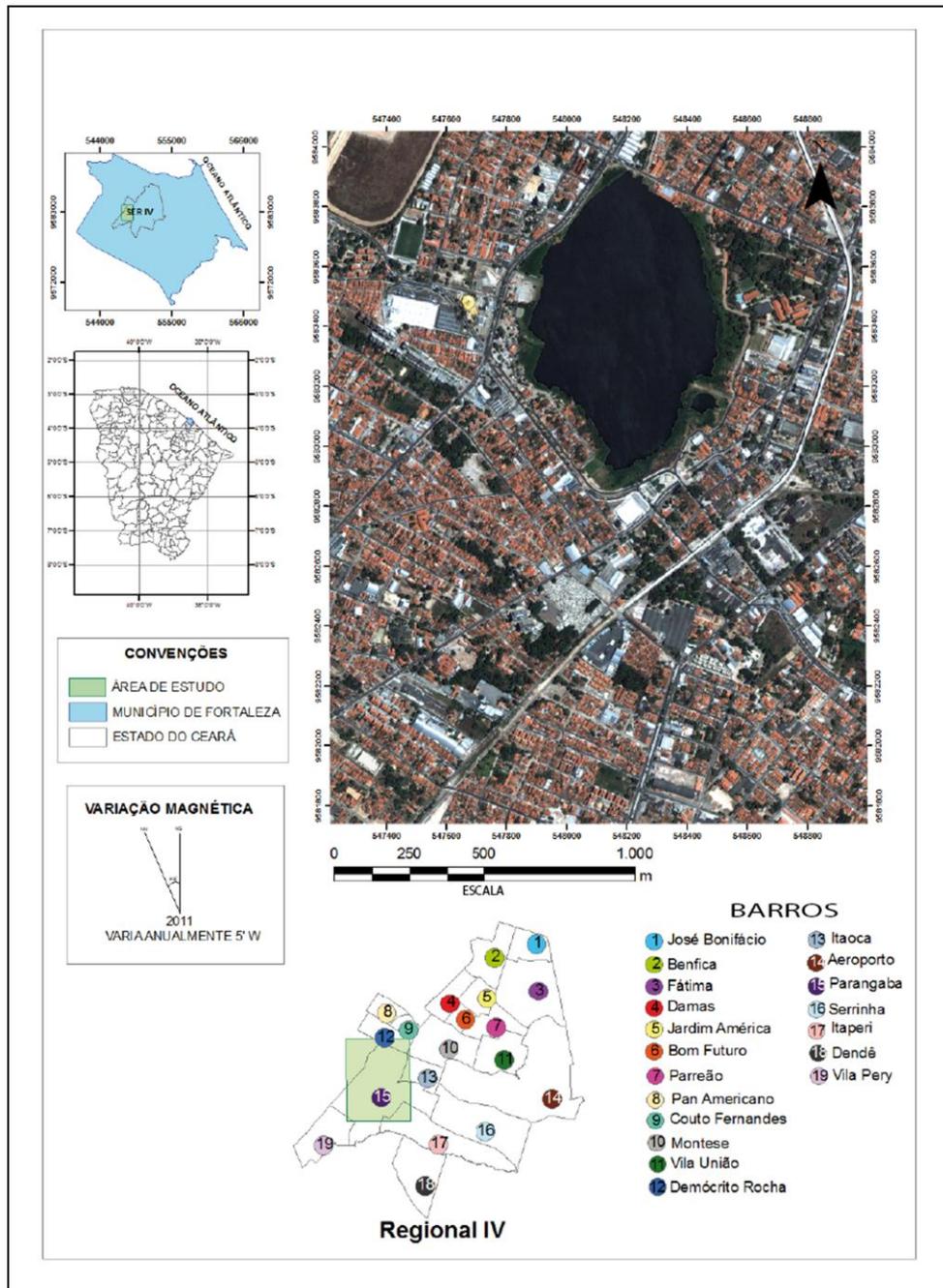


Figura 1.0 - Localização da área de estudo (mapa confeccionado a partir de imagem *Quick Bird*, julho de 2010).

1.3. Justificativa

A Lagoa da Parangaba é uma área de preservação permanente segundo o Art. 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 da Presidência da República e conforme o Artigo 225 da Constituição Federal de 1989 que “*descreve que todos têm direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações*”. Existe a necessidade do mapeamento das fontes potenciais de contaminação, inseridas no entorno da Lagoa da Parangaba, como também, analisar a água subterrânea freática e o risco à poluição, pois famílias se utilizam da captação deste recurso hídrico para suas atividades domésticas, podendo se considerar o risco que as famílias sofrem com a contaminação hídrica e doenças relacionadas.

Pelos fatos mencionados acima, justifica-se a importância da pesquisa relacionada à área de estudo, contribuindo com fins educativos para os próprios moradores e dando um suporte de orientação de cidadania, como também auxilia ao desenvolvimento sócio econômico da área gerando subsídio na tomada de decisões.

1.4. Objetivos

Realizar a caracterização do risco à poluição da água subterrânea no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza – CE.

Os objetivos específicos são:

- Cadastrar poços tubulares e cacimbas;
- Elaborar o mapa de distribuição dos poços e gerar informações de uso atual, vazão e profundidade dos poços e classificação dos sistemas hidrogeológicos;
- Coletar dados semestralmente do nível d’água subterrâneo, condutividade elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), resistividade elétrica e salinidade das águas subterrâneas;
- Realizar análises físico-químicas das águas subterrâneas (Turbidez, pH, alcalinidade total, bicarbonato, dureza total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, nitrato, nitrito, amônia, fluoreto e ferro total) e bacteriológicas;

- Identificar as fontes potenciais de poluição inseridas na região que possam afetar as águas subterrâneas, e;
- Avaliar o grau de urbanização no entorno da lagoa, pois se trata de uma área de preservação permanente;

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia de trabalho adotada na elaboração desta pesquisa está dividida em 6 (seis) etapas sequenciais: levantamento bibliográfico; levantamento dos dados de poços; etapas de campo (coleta de amostras de águas subterrâneas), elaboração de bases temáticas, tratamento e integração de dados e confecção da Dissertação.

2.1. Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico consistiu da aquisição de dados e informações sobre o tema proposto, tais como geologia, hidrogeologia, aspectos geoambientais e sociais, além de mapas temáticos e fotos aéreas. Ela foi desenvolvida junto aos órgãos públicos, tais como CPRM (Serviço Geológico do Brasil), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), SRH (Secretaria de Recursos Hídricos), COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e SEINF (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infra-Estrutura), servindo para um melhor conhecimento das características da região, ajudando na elaboração de bases preliminares de trabalho.

2.2. Elaboração de Bases Temáticas

Na elaboração de bases temáticas foram integrados os dados adquiridos nas etapas de levantamento bibliográfico e de campo. A área de estudo foi delimitada, a princípio, utilizando-se fotos aéreas (escala 1:25.000) obtidas pela PLANOP (2010).

Em seguida, foram integrados com os pontos georreferenciados dos poços cadastro dos, originando, assim, uma base preliminar de distribuição de pontos d'água,

com a junção do mapa geológico da área de estudo que foi compilado de Tajra (2001), na escala 1:100.000, depois tratado e adaptado á escala de 1:10.000.

2.2.1. Confeccões dos mapas temáticos

Com bases nas fotografias aéreas da área dos anos de 1972 e 2010, foram confeccionados mapas temáticos tais como o mapa de campo e de localização; também foi possível se avaliar a evolução do uso e ocupação da área utilizando o SIG - Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para a gestão ambiental, caracterizando-se a evolução das áreas impermeáveis (Figura 2.0). As fotos aéreas datam de julho de 1972 e julho de 2010, ambas efetuadas no período de estiagem.

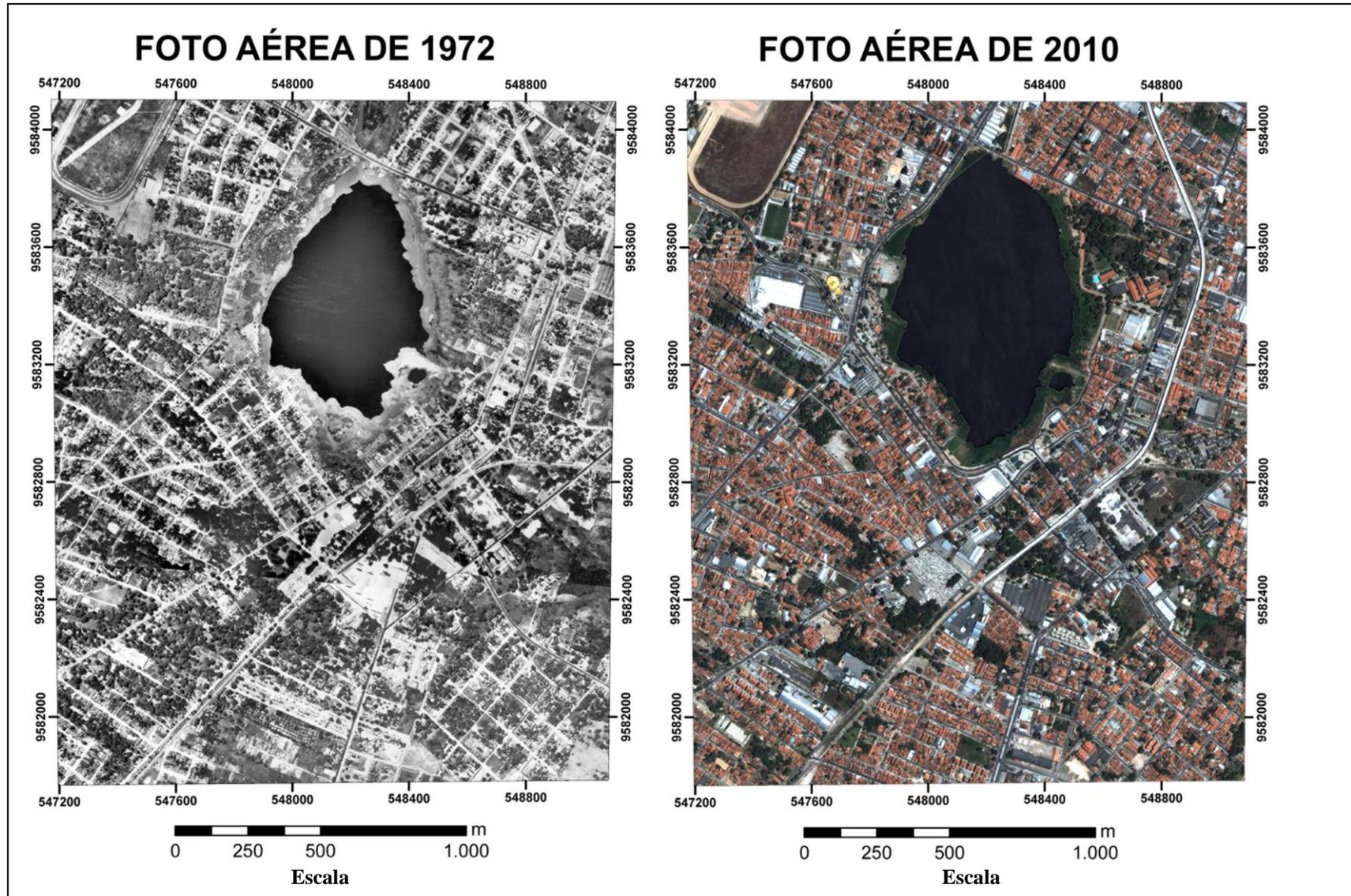


Figura 2.0 – Ilustração que mostra fotos aéreas em anos diferentes, realizadas em Julho de 1972 e Julho de 2010, exibindo a evolução do crescimento urbano na área de estudo e a expansão que a lagoa sofreu em aproximadamente quatro décadas.

O zoneamento das áreas permeáveis foi mapeado através de fotografias aéreas na escala 1:25.000. Para tal atividade foi necessário à montagem das imagens do ano de 1972, pois as mesmas estavam particionadas e não estavam georreferenciadas, sendo escolhidos (3) três pontos para se realizar o georreferenciamento, assim representando um plano; outro fator importante foi à escolha do Datum, sendo selecionado o *South American 1969 UTM zone 24S*, pois a área foi representada em metros e não em graus geográficos (Figura 2.1).

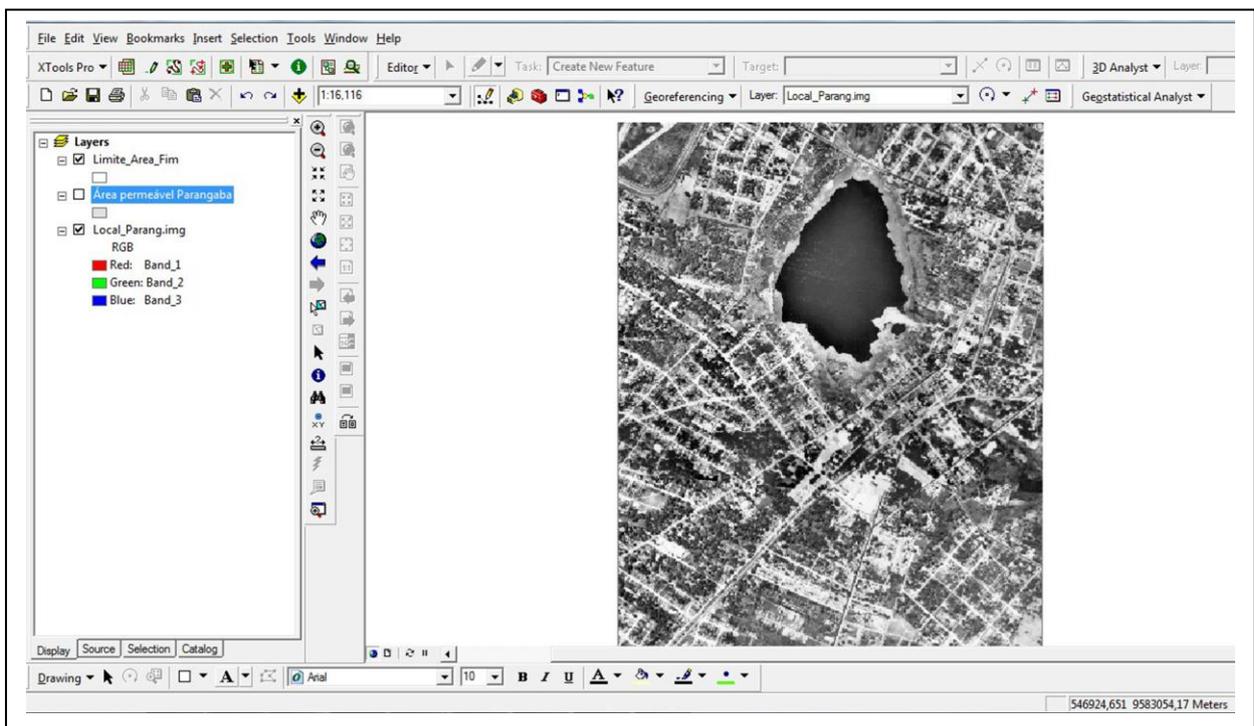


Figura 2.1 – Ilustração do processo de georreferenciamento da imagem aérea.

Após o processo de georreferenciamento das imagens, foram digitalizadas manualmente as áreas permeáveis, criando-se células poligonais para as áreas não ocupadas pelo processo de urbanização e, posteriormente, foi calculada a área de cada célula. A soma de todas as células digitalizadas representa a área que ainda não foi degradada (Figura 2.2).

O mapa geomorfológico da região foi confeccionado a parte de dados topográficos fornecidos pela Secretaria de Estado de Infra-Estrutura de Fortaleza (SEINF). Os dados foram adquiridos em formato DWG, onde foram geradas as isolinhas para elaboração da composição do mapa topográfico da área pesquisada, podendo-se visualizar o comportamento da elevação do terreno.

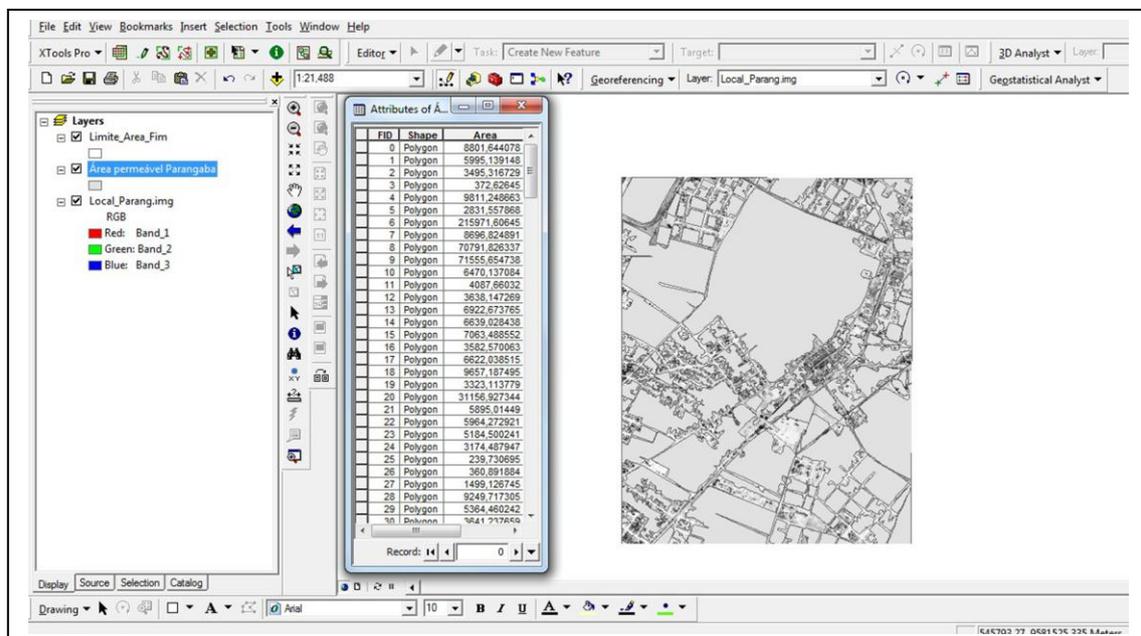


Figura 2.2 – Ilustração do processo de zoneamento das áreas permeáveis da área de estudo.

2.2. Arquivo de Dados dos Poços

Foi realizado o cadastro das fichas técnicas referentes às cacimbas e poços tubulares nos órgãos públicos e empresas particulares para compor um arquivo de dados dos poços e análises qualitativas (Profundidade, diâmetro da perfuração, nível estático e dinâmico, parâmetros físico-químicos e bacteriológicos). Posteriormente, foi realizado

um tratamento estatístico dos dados que serviram para respaldar a elaboração de bases temáticas do trabalho de pesquisa.

2.3. Etapas de Campo

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, três (3) etapas de campo foram realizadas a fim de se verificar a acuracidade dos dados cadastrados e/ou procederem ao levantamento de novas informações.

1ª Etapa (março/2011) - Foi realizado o cadastro das cacimbas e poços tubulares (Apêndice C) e coleta de amostras para análises físico-químicas das águas superficial e subterrânea, objetivando-se conhecer os dados da situação atual das obras, além do cadastramento das fontes potencialmente poluidoras das águas subterrâneas em torno da Lagoa da Parangaba. Foram utilizados no cadastramento, GPS GARMIM modelo ETREX SUMMIT com precisão de 10m e mapa de campo que fora confeccionado a parte de imagens aéreas *Quick Bird de 2010*.

2ª Etapa (outubro/2011 e dezembro/2011) – Foram obtidos dados das águas no período de estiagem, sendo visitados nessa etapa 30 cacimbas e um poço tubular, avaliando-se o nível estático, condutividade elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), utilizando-se planilha de campo, condutivímetro (METTLER TOLEDO) e medidor de nível d'água (Solinst – 50m). Em outubro/2011 foram coletadas 19 amostras, analisando-se em laboratório os principais parâmetros físico-químicos inerentes ao consumo humano, além de 5 (cinco) análises de parâmetros bacteriológicos; as amostras para análises físico-químicas foram acondicionadas em garrafas plásticas de 0,5 litro, esterilizadas, hermeticamente fechadas, etiquetadas e conservadas no gelo. Para as análises bacteriológicas, as amostras foram coletadas em garrafas de vidro de um litro, esterilizadas, hermeticamente fechadas, etiquetadas e conservadas no gelo. Ambas foram remetidas no mesmo dia para o Laboratório de Geologia Marinha e Aplicadas do Departamento de Geologia - UFC. Foram considerados os seguintes critérios pré-estabelecidos, para seleção dos pontos de coleta: uso da água para consumo humano, distribuição espacial e acesso aos pontos coletados.

3ª Etapa (Junho/2012)

Foi efetuado o monitoramento das águas no período chuvoso, sendo visitadas nessa etapa 30 cacimbas e um poço tubular, onde foram selecionados 20 poços para serem realizadas coletas de amostras para serem analisadas em termos físico-químicos.

2.4. Metodologia em laboratório

Nessa fase foram utilizados métodos para quantificar os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos para avaliar a água subterrânea para o consumo humano segundo a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

2.4.1. Análises dos parâmetros físico-químicos

Nesta etapa foram realizadas 39 análises de águas de cacimbas (27) e poço tubular (2), divididas em duas etapas (chuvosa e estiagem). A análise das amostras envolveu os seguintes parâmetros físicos e químicos, em mg/L: cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+) cloretos (Cl^-), sulfatos ($\text{SO}_4^{=4}$), nitratos ($\text{N} - \text{NO}_3$), nitritos ($\text{N} - \text{NO}_2$), ferro (Fe), amônia ($\text{N} - \text{NH}_3$), sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade total em bicarbonatos ($\text{mg HCO}_3/\text{L}$), sílica (SiO_2), turbidez (UT- Unidade Turbidimétrica), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a 25°C , pH 25°C e dureza (CaCO_3 mg/L).

Os sais de cálcio foram obtidos pelo método de Titulometria por complexação com EDTA. Essa titulação envolve a adição da solução tampão com pH 10, solução de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1\text{Mol L}^{-1}$; trietanolamina e indicador Murexida (suspensão sólida 1: 200), indicador negro de Eriocromo T 0,2% (suspensão sólida 1:500), solução padrão de EDTA dissódico com concentração de $0,01\text{ mol L}^{-1}$, e solução padrão de cloreto de cálcio dihidratado ($\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) $0,01\text{ mol L}^{-1}$. Os sais de magnésio e ferro foram obtidos, respectivamente, pela diferença entre dureza total e concentração de cálcio e Ortofermantrolina por espectrofotometria. Para a determinação do sódio e potássio, foi utilizado o método da Spectroscopia de emissão na chama. As soluções utilizadas foram solução padrão de cloreto de sódio (NaCl) 1000mg L^{-1} e solução padrão de cloreto de potássio (KCl) 1000 mg/ L^{-1} .

O cloreto nas amostras foi analisado através do método de Mohr (Titulometria em nitrato de prata - AgNO_3), onde a solução usada na determinação dessa concentração é o cromato de potássio (K_2CrO_4) -5% (indicador); solução padrão de cloreto de sódio

(NaCl) $0,0141 \text{ mol L}^{-1}$ e solução padrão de nitrato de prata (AgNO_3) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$. Os valores de sulfatos foram determinados pelo método Turbidimétrico por espectrofotometria. As soluções usadas foram cloreto de bário, solução estoque de sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) $0,1482 \text{ mol L}^{-1}$ e solução tampão.

A alcalinidade total devida a bicarbonatos (HCO_3^-) foram determinadas por Titulometria com HCl, onde as soluções utilizadas foram: solução padrão de carbonato de sódio (Na_2CO_3) $0,0245 \text{ mol L}^{-1}$, solução Alcoólica de fenolftaleína 0,5%, solução mista alaranjado de metila e solução de ácido clorídrico (HCl) $0,02 \text{ mol L}^{-1}$. O nitrato foi determinado por Espectrofotometria, onde as soluções utilizadas foram: solução estoque de nitrato de sódio (NaNO_3) $0,1381 \text{ g/L}^{-1}$ e Nitraver[®] 5 Nitrate Reagent (sachê), enquanto o nitrito obtido foi pelo naftilamina por Espectrofotometria.

A amônia e amônio foram determinados por Nesslerização por Espectrofotometria.

2.4.2. Análises bacteriológicas

As análises microbiológicas foram realizadas com a técnica das membranas filtrantes. Esta técnica é recomendada pelo *Standart of Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, identificando-se as colônias de bactérias (coliformes totais) e E. coli (coliforme fecal). O procedimento em laboratório envolve (4) quatro etapas:

1ª Etapa - Colocação da membrana sobre um meio de cultura seletivo (Figura 2.3) para a detecção do grupo específico de microrganismos indicadores, contido na placa de Petri.



Figura 2.3– Aplicação da membrana branca, quadriculada, estéril, de 47 mm de diâmetro e porosidade de $0,45 \mu\text{m}$ na placa de Petren (Fonte: OLIVEIRA, 2011). 11

2ª Etapa - Filtração, sob vácuo, de um volume adequado da água a analisar através de uma membrana filtrante (com porosidade controlada de $0,45\mu\text{m}$), onde ficarão retidas células de possíveis bactérias contaminantes (Figura 2.4).



Figura 2.4 – Filtração da água realizada em recipiente inox ou de vidro (Fonte: OLIVEIRA, 2011).

3ª Etapa - Incubação da placa de Petri à temperatura adequada ao desenvolvimento do microrganismo em causa;

4ª Etapa - Observação e contagem das colônias formadas sobre a membrana (Figura 2.5). O material utilizado deve ser previamente esterilizado. O sistema de filtração de inox é esterilizado diretamente à chama do bico de Bunsen. O restante do material de plástico, ou vidro, é previamente esterilizado na autoclave. As membranas filtrantes vêm esterilizadas de origem.



Figura 2.5 – Colônias de coliformes totais formados sobre a membrana (Fonte: OLIVEIRA, 2011).

2.5. Tratamento dos dados hidroquímicos

As análises físico-químicas foram submetidas a tratamento estatístico com auxílio do software desenvolvido principalmente para interpretação gráfica de dados hidroquímicos através do programa QUALIGRAF (Mobüs, 2003), com o objetivo de avaliar o grau de confiabilidade das mesmas através do cálculo do balanço iônico.

Os dados das análises foram organizados em tabelas, cujas interpretações permitiram à classificação iônica, potabilidade e adequabilidade para a irrigação.

2.5.1. Tratamento das análises físico-químicas

O balanço iônico das análises foi realizado mediante a utilização da Equação 1.0 definida por Logan (1965), discutida em Santos (2000), que define o coeficiente individual de erro das análises, admitindo-se um valor máximo de 10% para análises aproveitáveis.

$$E (\%) = \left| \frac{r \sum A - r \sum C}{r \sum A + r \sum C} \times 100 \right| \quad \text{[Equação 1.0]}$$

Onde:

$r \sum A$ = Concentração total de ânions, em meq/L.

$r \sum C$ = Concentração total de cátions, em meq/L.

E = erro das análises em %

Foi empregada neste trabalho a classificação Custódio & Llamas (1983) *apud* Santos (2000) para a dureza que usa a dureza total em mg/L de CaCO₃, classificada em três tipos: branda, pouco branda e dura. A primeira apresentam valores que variam (0- até 50 mg/L de CaCO₃, a segunda apresenta valores que variam de 50-100 mg/L de CaCO₃ e, por fim, são consideradas como dura aquelas com valores que variam de 100-200 mg/L de CaCO₃.

➤ Classificação da Potabilidade

Para a classificação do padrão de potabilidade para o consumo humano foram utilizados os padrões da Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde e o diagrama de Shoeller & Berkaloff.

➤ Zoneamento temático das águas subterrâneas no entorno da Lagoa da Parangaba

Para se fazer uma avaliação espacial do comportamento dos principais parâmetros físicos e químicos, foram construídos mapas de isolinhas baseados nos valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), pH, dureza, turbidez, cloreto, nitrato, cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, alumínio e sulfato.

O tratamento geostatístico, mediante krigagem de dados, possibilitou tornar mais precisa a interpolação da variável. Os dados primários foram interpretados e analisados com o *software Surfer for Windows*, versão 8.0, que permitiu a obtenção do mapa de isolinhas, tendo sido a organização dos dados de entrada no *software Excel MS-Office-2007*.

➤ Classificação iônica

Para a classificação iônica das águas subterrâneas e superficial na área de estudo foi utilizado o Diagrama de Piper. A representação nesse diagrama é feita em três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para os cátions e os ânions, sendo possível se identificar o fácies hidroquímico. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango mostra sua posição e classifica a amostragem de acordo com a fácies.

2.5.2. Diagramas hidroquímicos

Para a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas utilizaram-se os diagramas de Piper e Schoeller & Berkaloff, utilizando-se o pacote computacional QUALIGRAF versão Beta, desenvolvido por MOBÜS, G. (2003).

2.5.2.1. Diagrama de piper

Este diagrama classifica as águas em relação aos íons principais (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- e CO_3^{2-} ($=\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) trabalhados sob a forma de percentual em meq/L.

A análise química no diagrama de Piper é representada por três pontos, sendo o primeiro relativo ao percentual dos cátions plotado no triângulo da esquerda, o segundo corresponde ao percentual dos ânions localizado no triângulo da direita e o terceiro ponto corresponde à projeção dos pontos anteriores no losango superior, representando os caracteres da água em função dos conteúdos de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ e $\text{SO}_4^{2-} + (\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-)$.

2.5.2.2. Diagrama de Schoeller & Berkaloff

Este diagrama logarítmico faz a classificação das águas em termos de potabilidade, classificando-as em águas boa, medíocre, má, momentânea e não potáveis em função dos elementos Ca^{++} , Mg^{++} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ e NO_3^- , expressos em mg/L.

A análise do diagrama consiste na interpretação de um gráfico de linha obtido a partir da ligação dos pontos correspondentes aos valores dos elementos interpretados, onde o pico do gráfico corresponderá à classificação de potabilidade.

2.6. Elaboração da Dissertação de Mestrado

Será utilizado o arquivo de dados obtido na fase de pesquisas bibliográficas e na fase de cadastro e monitoramento das análises físico-químicas e microbiológicas das águas, planilhas eletrônicas e gráficos no programa *Excel*; mapas de isolinhas utilizando o *Surfer* (versão 8); mapa de distribuição dos poços, usando o programa *AutoCAD Map* 2008 e o *Qualigraf*, versão Beta (MOBÜS, 2003).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

De acordo com a FUCEME, no período de 2000 a 2010 o município de Fortaleza teve temperatura variando de 27,1 °C a 26,1 °C, com média 26,6 °C. A amplitude térmica apresenta pequenas variações entre a temperatura máxima e a mínima, sendo marcado por uma variação anual inferior à 5° C (Figura 3.0).

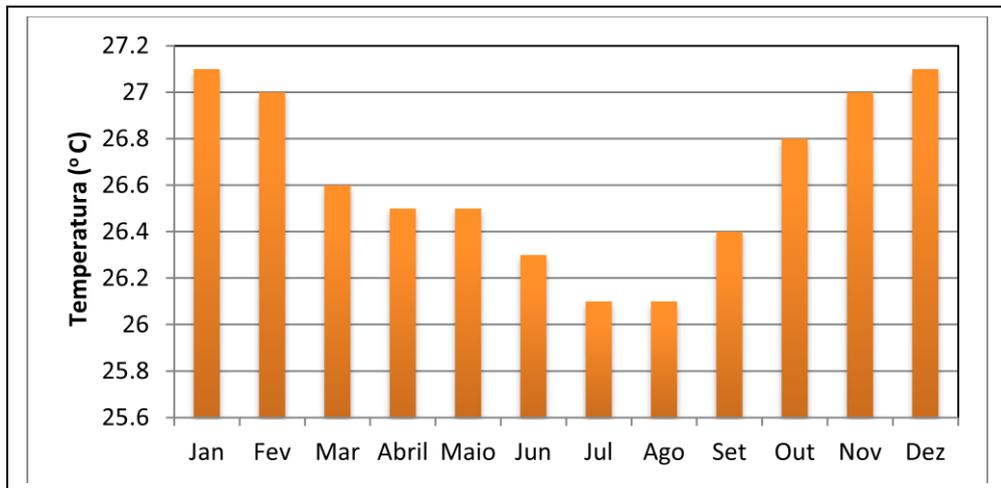


Figura 3.0 - Média mensal da temperatura no município de Fortaleza nos anos de 2000 a 2011 (Fonte: FUNCEME, 2011)

O regime pluviométrico médio mensal de Fortaleza no período 1990 a 2010 foi de 124,9 mm, com máxima de 400 mm e mínima de 1 mm (Figura.3.1). Este regime é bastante variável podendo ocorrer períodos secos prolongados, com precipitações escassas. O período de fevereiro até o mês de maio é onde são registradas as maiores atividades chuvosas do ano.

Com relação à insolação, a exposição à radiação solar varia de 2650 a 3000 horas/ano. Nos períodos chuvosos, a exposição ao sol diminui de 9 horas/dia para 6 horas/dia. Com estes valores altos de insolação, a taxa média de evaporação é de 2300 mm/ano.

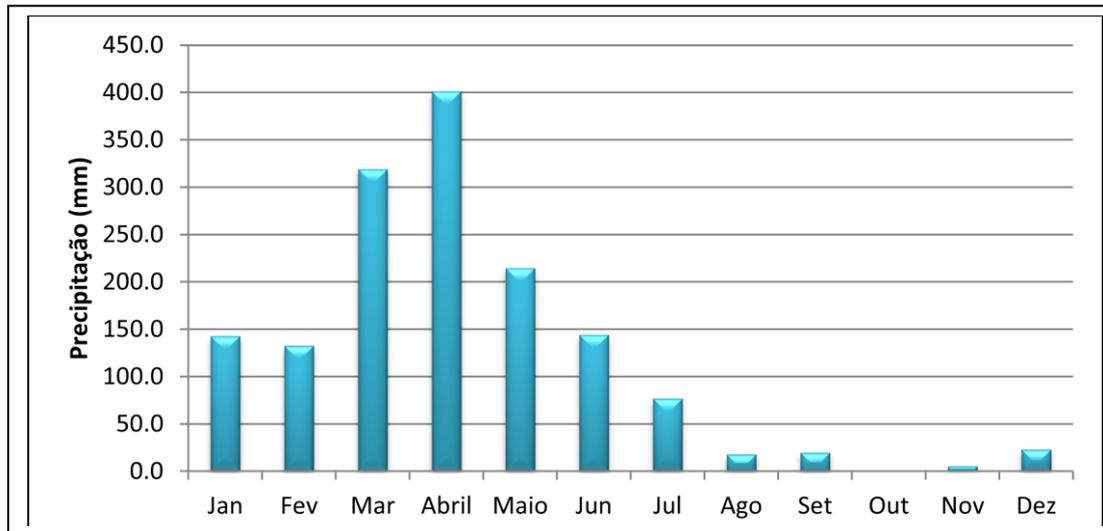


Figura 3.1 - Média de precipitação pluviométrica nos anos 2000 a 2011, registrados em Fortaleza (Fonte FUNCEME, 2011).

3.1. Geomorfologia

Na área pesquisada as cotas altimétricas variam entre 16 e 42 m em relação ao nível do mar. A Lagoa da Parangaba situa-se na porção norte-central da área e apresenta uma elevação suave como uma topografia de cerca de 5 m em relação às áreas circunvizinhas a lagoa (Figura 3.2). As principais elevações estão localizadas na porção sul da área com uma orientação SSW-NNE (Figura 3.2).

A Lagoa da Parangaba está inserida na Bacia Hidrográfica do Maranguapinho, que apresenta um domínio de tabuleiros que representam as feições típicas do sítio urbano da Região Metropolitana de Fortaleza, compostos por sedimentos Plio-Quaternários da Formação Barreiras que repousam discordantemente sobre o embasamento cristalino. São sedimentos areno-argilosos, pouco ou não litificados, de coloração vermelha-amarelada e com granulação variando de fina a média. A espessura desses sedimentos é bastante variável de 15 a 45m em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento sotoposto (CPRM, 1995).

A estratificação é normalmente indistinta havendo, comumente, um paralelismo não muito nítido entre os níveis de constituição litológica diferenciada.

Sob o ponto de vista do ambiente deposicional, esses sedimentos são admitidos como de origem continental e representam uma superfície de agradação (glacis de deposição) que, deficientemente sulcada pela rede de drenagem, foi fracionada em interflúvios tubuliformes que representam os tabuleiros pré-litorâneos.

Na porção sul da área pesquisada, o tabuleiro tem níveis altimétricos médios oscilando de 39 m e a cobertura arenosa superficial justifica uma dissecação muito deficiente do nível do tabuleiro, isso por permitir que, durante o período de chuva, grande parte da água precipitada seja infiltrada e contribua para alimentar os aquíferos.

A outra unidade lito-estratigráfica é representada por sedimentos flúvio-lacustre que recobrem a superfície dos tabuleiros a jusante da Lagoa da Parangaba. Esses sedimentos são formados por depósitos de areias em mistura com clásticos mais finos e matéria orgânica.

A feição morfológica resultante é uma estreita planície flúvio-lacustre posicionada poucos metros abaixo do nível do tabuleiro. Trata-se de área submetida a eventuais períodos de inundações durante a época das chuvas. Os solos, que têm propriedades hidromórficas, são deficientemente drenados, facilitando as ações ligadas ao escoamento superficial. Por suas peculiaridades, a área abrangida pela planície oferece dificuldades e limitações à ocupação que deve ficar restrita aos setores dos tabuleiros.

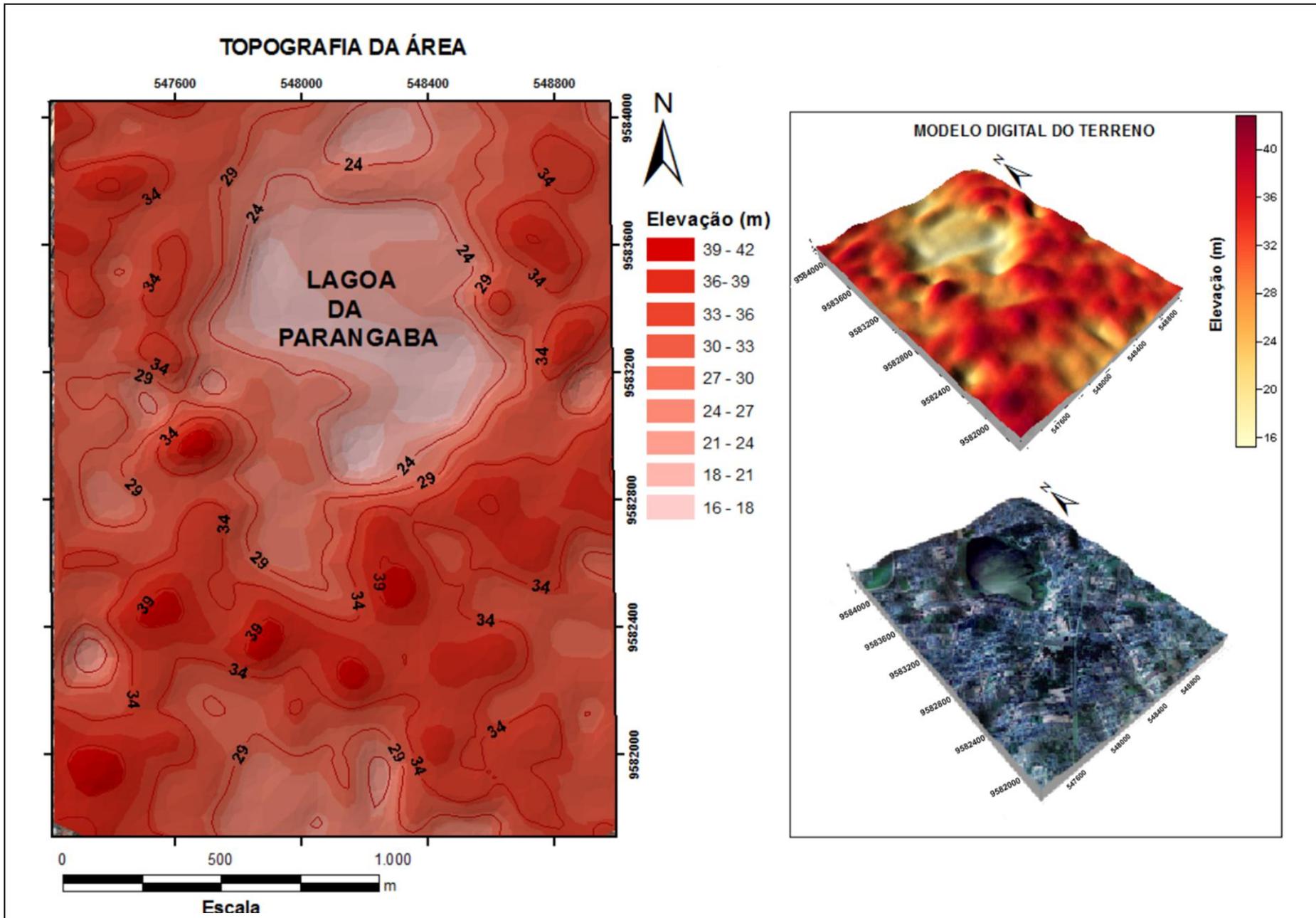


Figura 3.2- Topografia da área pesquisada, Fortaleza – CE (2011).

3.2. Vegetação

A cobertura vegetal em torno da Lagoa da Parangaba é composta pela Mata Ciliar Lacuste de Tabuleiro Pré-Litorâneo que anteriormente ocupou largos trechos na Bacia Hidrográfica do Maranguapinho, presentes em diversos sítios localizados na Região Metropolitana de Fortaleza.

Com relação ao aspecto da cobertura vegetal da Lagoa da Parangaba, pode-se dividi-la em três comunidades: primitivas, secundárias e antrópicas (SOUZA, 1997).

A classificação de comunidade primitiva corresponde àquela que mantém, em sua maioria, a estrutura e a composição florística original da condição clímax de uma comunidade. A faixa de equilíbrio não foi afetada significativamente ao ponto de se considerar o estado em desequilíbrio das condições bióticas e abióticas que seguem a dinâmica da comunidade. Como exemplo, temos a Mata Ciliar de Tabuleiro, situada nas margens da lagoa, que sofreu pouco impactos decorrentes do crescimento imobiliário (Figura 3.3). Mesmo assim, ocorre degradação decorrente de algumas edificações construídas nas margens da lagoa, perdendo a identidade de mata ciliar (comunidade primitiva).

Na secundária ocorre uma transição da cobertura vegetal nativa, que resulta das interferências humanas. São áreas de vegetação original, afetadas pelo homem onde ocorreu um replantio de uma vegetação não nativa modificando o meio natural (Figura 3.3).

Por fim, áreas antrópicas são aquelas onde não existe cobertura vegetal e resultaram do intenso desmatamento provocado pelo crescimento urbano e imobiliário, e nessas áreas estão às pistas e avenidas, casas e edifícios.

O bairro da Parangaba foi, outrora, o berço de atividade pecuária no Ceará no século XVIII, que nessa época chamava-se “Arronches” e destacava-se como ponto intermediário no transporte de gado, com a estrada do Barro Vermelho-Parangaba que ligava o Barro Vermelho (Antônio Bezerra) a Parangaba, e a *Estrada da Paranjana*, que ligava Messejana a Parangaba. Com a construção da Estrada de Ferro de Baturité, uma estação de trem é instalada em 1873 (*Estação de Arronches*) e Parangaba estava incorporada a capital (NOBRE, 2010).

A atividade pecuária provocada pela interferência humana na região desde o século XVIII desfavoreceu a cobertura vegetal original que sofreu um considerável impacto com o desmatamento das áreas para a criação de gado e a construções de estradas, resultando no crescimento urbano e, posteriormente, o desenvolvimento imobiliário.

Do ponto de vista ecológico, a cobertura vegetal desempenha um papel de grande importância na Lagoa da Parangaba, como protetora dos processos erosivos do solo, componente amenizador do clima, da qualidade do ar, fonte potencial de paisagismo, de *habitats* e nichos ecológicos para diversas espécies.

Em função de certo nível de conservação existente na fauna da Lagoa da Parangaba, estão presentes mamíferos, aves, peixes, répteis e anfíbios, destacando-se as aves e os peixes como as de maior abundância.

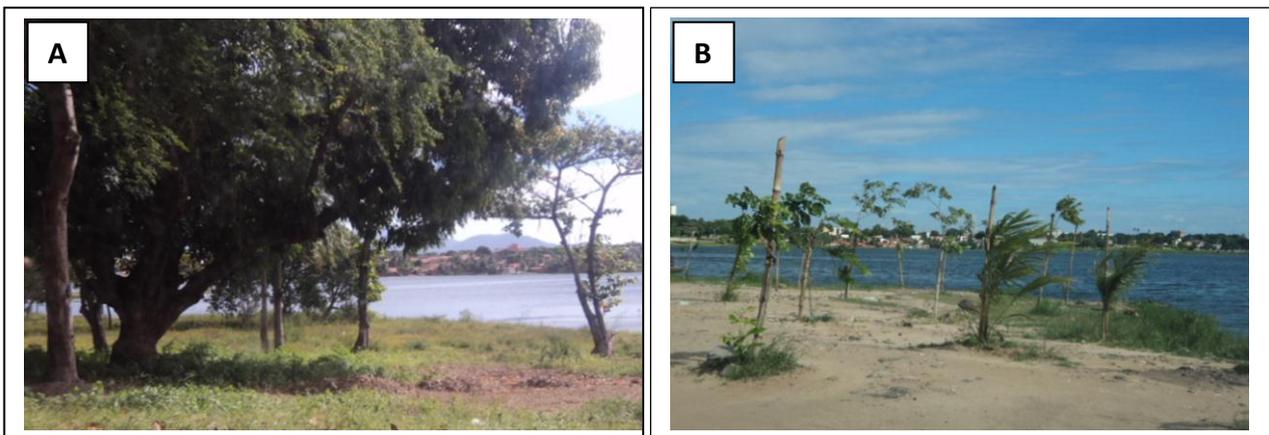


Figura 3.3 – (A) A vegetação representada pela Mata Ciliar de Tabuleiro (coordenadas UTM: 548487/9583444), situada nas margens da lagoa; (B) Ilustra áreas localizadas nas margens da lagoa que sofreram com impactos decorrentes do crescimento urbano (coordenadas UTM: 547904/9583797), onde ocorreu um replantio de uma vegetação não nativa modificando o meio (Fotos realizadas em 25 de outubro de 2011).

3.3. Solos

Na região de estudo, os solos originais encontram-se degradados devido à expansão urbana, sendo difícil estabelecer classificação. Há uma predominância de solo aluvial eutrófico, marcados por associações predominantemente argilosas de coloração creme a cinza-escuro; a tonalidade escura pode ser proveniente da grande acumulação de matéria orgânica, comuns em áreas localizadas próximas à lagoa, com textura

arenosa média que se combina com os Neossolos Flúvicos eutróficos e Alissolo Hipocrômico distróficos, textura arenoso-média.

Nos solos argilosos a coloração varia de tonalidade creme-cinza até bruno-acinzentada e incluem solos moderadamente rasos, por apresentar seu horizonte pouco espesso em torno de 20 cm e apresentando altos índices de erodibilidade; geralmente bem drenados, esses solos tanto podem encharcar facilmente, provocando anorexia às plantas, como podem secar rapidamente, provocando estresse hídrico, exceto os de caráter plântico que são moderadamente a imperfeitamente drenados. Apresenta ocupação superficial bastante avançada, que está correlacionada às áreas de ocorrência da Formação Barreiras, ocupando uma grande parte da porção central do município de Fortaleza, local onde a área de estudo está inserida.

O Solonetz Solodizado é a classe de solo que se apresenta de forma mal drenada e susceptível à erosão e pedregosidade. São relativamente rasos, de variação textural abrupta. Os horizontes superficiais são constituídos por material arenoso, retrabalhados sobre o horizonte nátrico mais argiloso. Mineralogicamente, são solos pouco desenvolvidos dominados por argilas 2:1 (vermiculita e montmorilonita). Nas frações mais grosseiras ocorrem quartzo e minerais intemperizáveis como plagioclásios e micas.

3.4. Geologia

A região de estudo é constituída pelos sedimentos da Formação Barreiras (Tércio-Quaternário) com níveis areno-argilosos. O embasamento cristalino é representado pelas rochas gnáissicas do Complexo Caicó (Proterozóico Inferior).

De acordo com a denominação encontrada em Brandão (1995), o termo Formação Barreiras se refere à sequência de sedimentos cenozóicos que ocorrem numa ampla faixa de largura variável, espessuras de 25 a 50 m, acompanhando a linha de costa, atrás dos sedimentos eólicos antigos e atuais, e que penetra em direção à área estudada. Segundo os perfis litológicos dos poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), a espessura dessa sequência sedimentar varia na área pesquisada entre 15 e 45 metros (Figura 3.4), e apresentam cinco (5) tipos de unidades sedimentares, representados por arenito, arenito argiloso, arenito grosso, argila arenosa, argila e silte. Esses sedimentos apresentam um predomínio deposicional, onde no topo estão situados os sedimentos mais grosseiros, caracterizados por areia

grossa a fina com espessura que oscila de 1 a 25m; abaixo estão inseridas as argilas e siltes, com uma espessura variando de 5 a 36m, pouco ou não litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado, horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos. Tais níveis não apresentam cota definida e podem estar associados à percolação da água subterrânea que lixivia o elemento ferro, concentrando-o em determinados níveis (CAVALCANTE, 1998). Na base encontra-se o embasamento cristalino constituído por rochas Gnáissica-Migmatíticas do Complexo Caicó, segundo perfis dos 16 poços construídos, 11 dos quais foram perfurados além dos pacotes sedimentares, adentrando o embasamento cristalino que se mostra muitas vezes fraturado ou alterado.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico é composto por rochas paraderivadas de natureza gnaísse-migmatítica, representadas por manifestações com provável posicionamento estratigráfico relacionado ao final do Proterozóico Inferior (BRANDÃO, 1995). Este conjunto de rochas foi originalmente individualizado por distintos autores, segundo o ponto de vista lito-estratigráfico, juntamente com expressões de granitóides, como unidades pertencentes ao Complexo Ceará (BRANDÃO, op. Cit.).

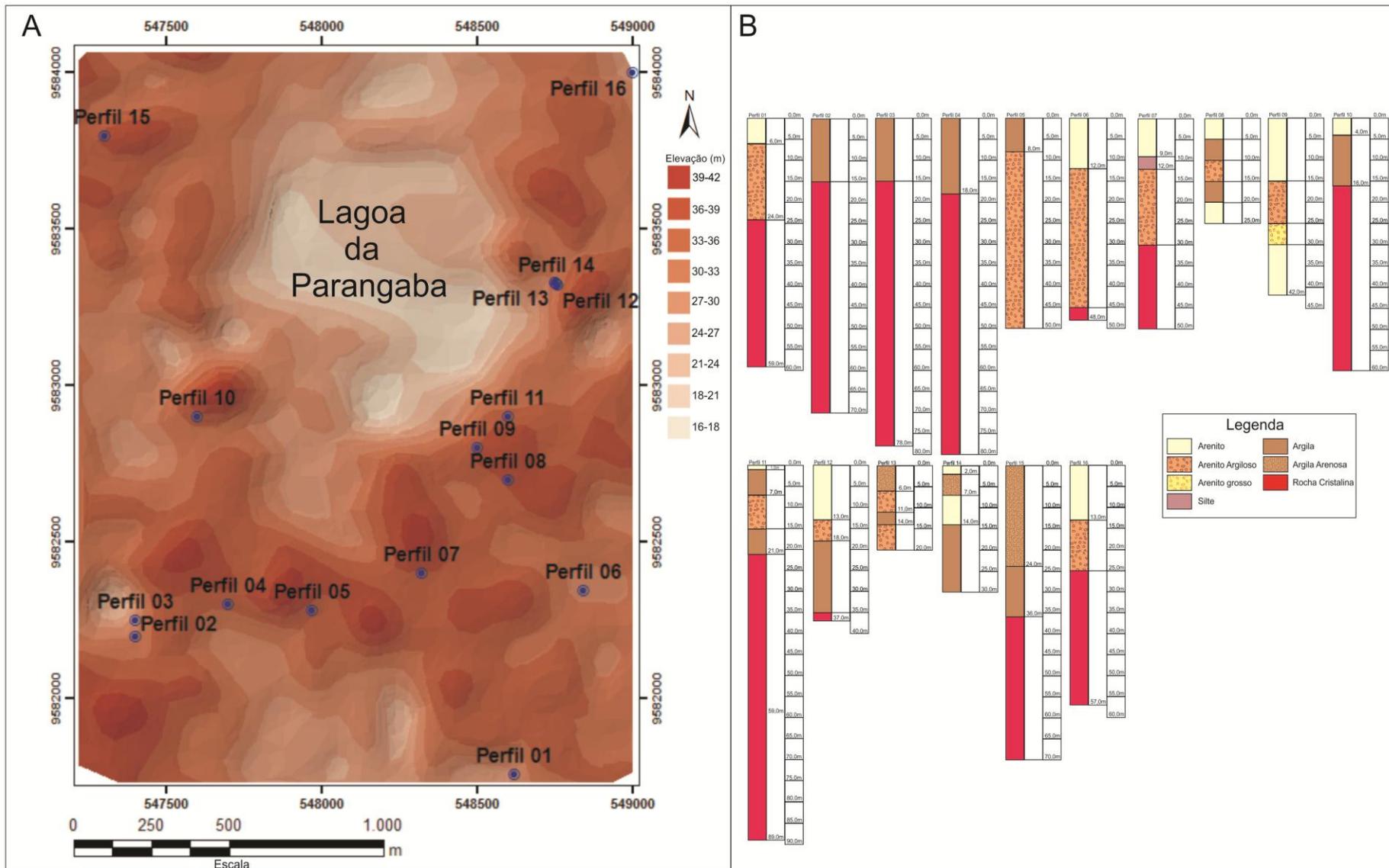


Figura 3.4 - (A) Topógrafo do terreno com a distribuição espacial dos perfis litológicos no entorno da lagoa da Parangaba, Fortaleza-CE, (B) Perfis litológicos com as respectivas litológicas, Fonte:(SIAGAS) modificado por OLIVEIRA 2011.

3.5. Hidrologia

Neste capítulo são abordados os aspectos regionais da área de estudo, que envolvem os aspectos relacionados aos recursos hídricos, aspectos de grande importância para a compreensão dos fenômenos e processos geomorfogenéticos atuais.

3.5.1. Águas Superficiais

A área de estudo é drenada por afluente da Bacia do Rio Maranguapinho com (183,112 km²) (TIBÚRCIO, 2007). Corresponde à faixa oeste de Fortaleza de direção norte-sul (Figura 3.5), que vai de um local próximo à foz do Rio Ceará até o bairro Siqueira. O Rio maranguapinho conflui com o Rio Ceará pouco antes do encontro com o mar compartilhando, portanto, da mesma foz. Apresenta suas nascentes na Serra de Maranguape e percorre uma extensão de 42 km, dos quais 15 km estão na capital, o que implica em declividades acentuadas, ocasionando altas velocidades do rio e seus afluentes. Nos altos cursos estas características do rio acentuam-se na estação chuvosa, com assoreamento do leito natural, e conseqüentemente, transbordamentos e alagamentos. Outros fatores também podem influenciar como alta intensidade dos eventos, impermeabilização e redução do tempo de concentração.

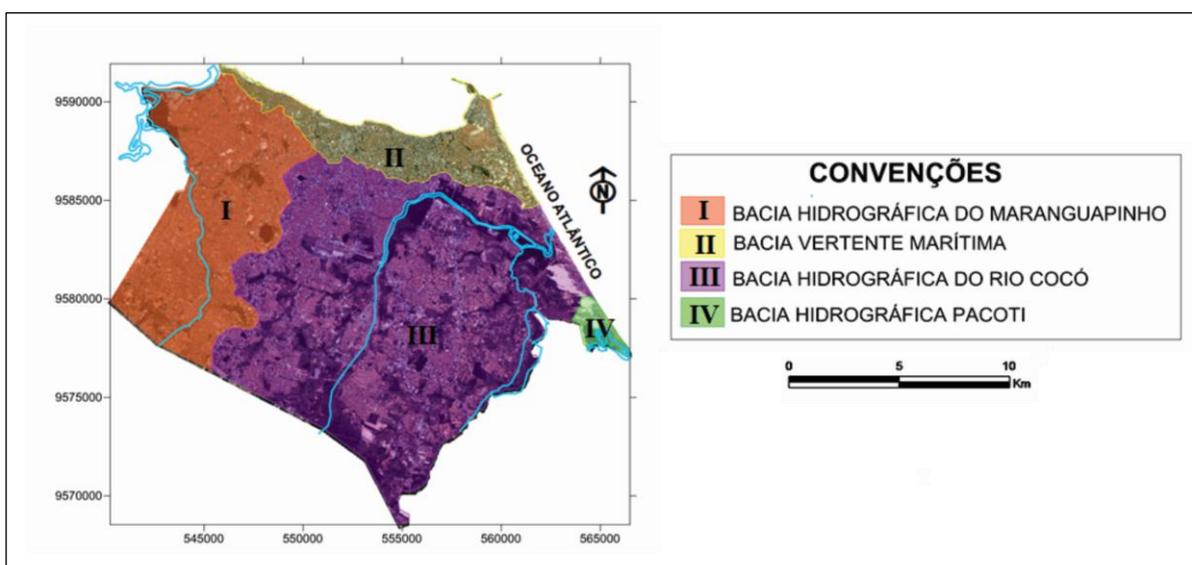


Figura 3.5- Ilustração das Bacias hidrográficas de Fortaleza. Figura confeccionada a partir de imagem *Quick Bird*, 2010 por OLIVEIRA, 2011

Os elementos principais do rio Maranguapinho são caracterizados por 9 afluentes, 5 açudes e 9 lagoas, além de alguns mananciais menos expressivos e sem denominação oficial. Entre os principais elementos drenantes desta bacia estão riachos e córregos, Lagoa da Parangaba, Açude João Lopes e Lagoa Mondubim e o açude da Agronomia, ou Santo Anastácio. A Lagoa da Parangaba está situada na porção sudoeste do Município de Fortaleza, no Bairro homônimo. É o maior recurso hídrico da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho, com 337.348 m², e também uma das maiores em volume de água de Fortaleza, com 1.696.110 m³ calculado através do mapa batimétrico (Figura 3.6).

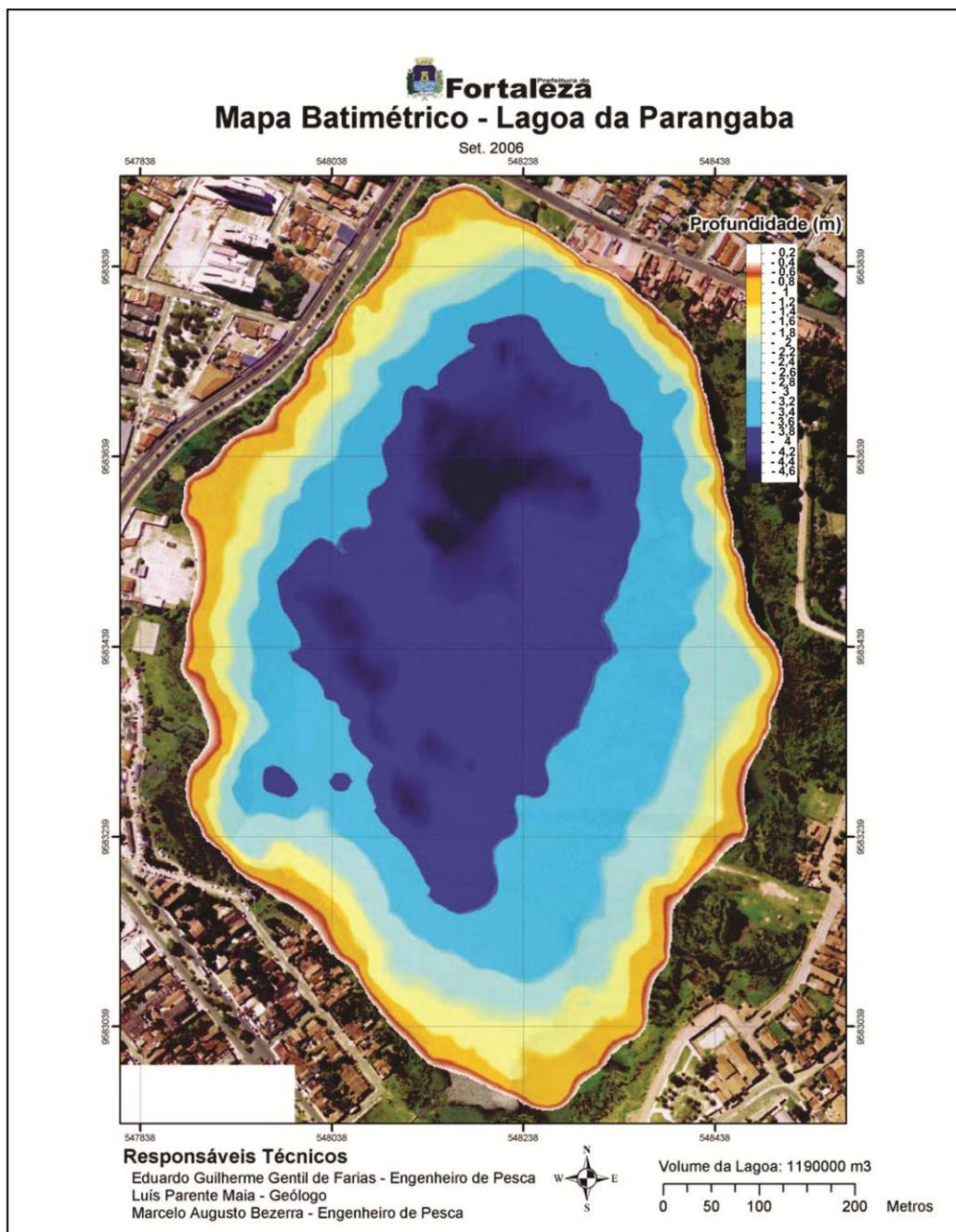


Figura 3.6 – Batimetria da Lagoa da Parangaba em Set/2006. (Fonte: SEMAN, 2006). 26

Considerando a extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, na qual a Lagoa da Parangaba está inserida, a área hidrografia maior se restringe a uma microbacia (Figura 3.7) composta pela planície flúvio-lacustre, incluindo a Lagoa de Santo Anastácio na porção norte até a Lagoa da Parangaba ao sul. Esta ocupa porções dos bairros da Parangaba, Demócrito Rocha, Panamericano e Pici.

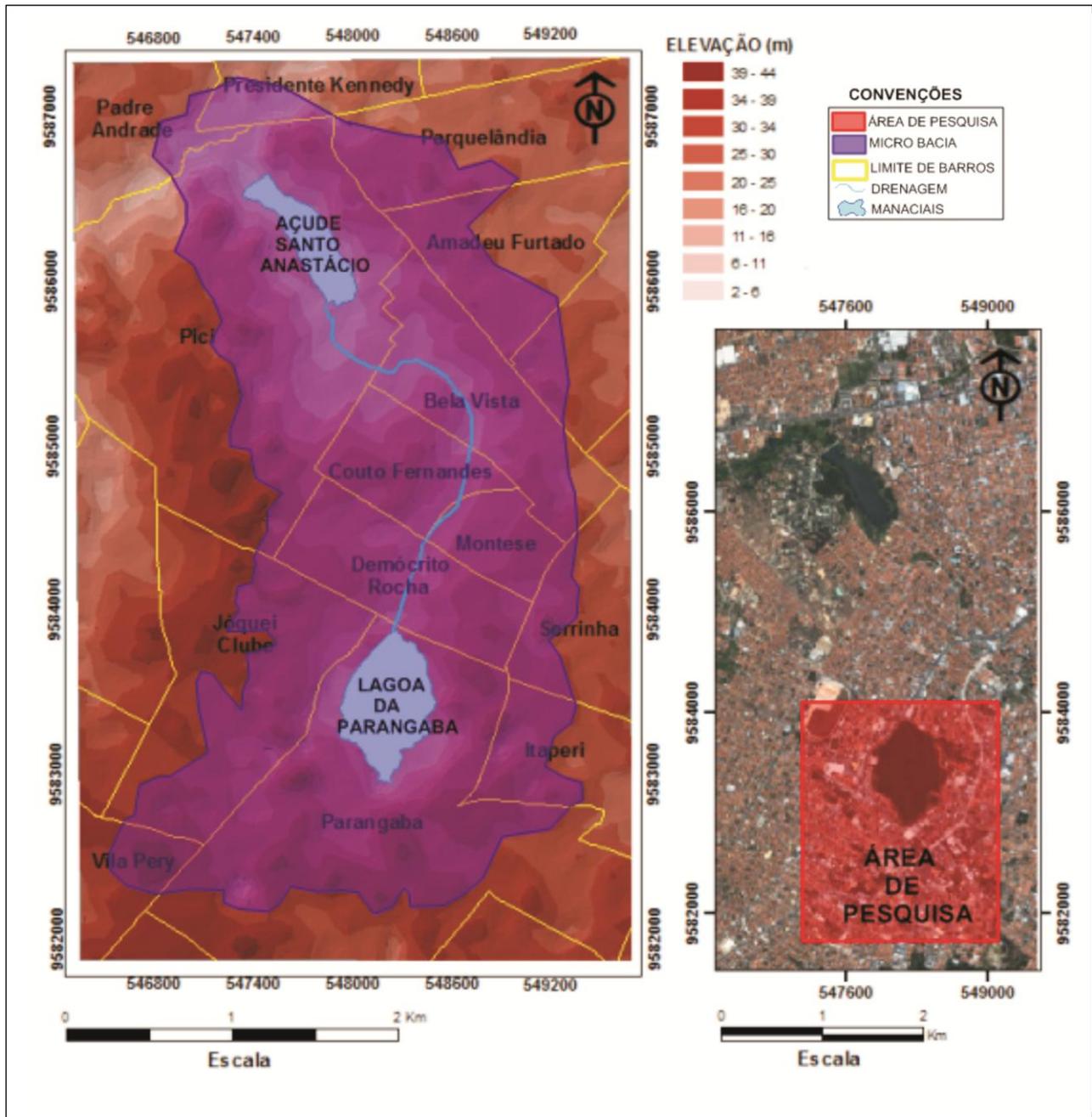


Figura 3.7 - Microbacia da Lagoa da Parangaba (Figura confeccionada com arquivos de extensão DWG fornecida pela SEINF, por OLIVEIRA (2011)).

3.5.2. Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas desempenham um papel cada vez mais importante no abastecimento doméstico e industrial na Região Metropolitana de Fortaleza, destacando-se como um recurso complementar e estratégico de reconhecido valor sócioeconômico, pois 40 a 60% da população utilizam a água captada destes mananciais (CAVALCANTE, 1998).

Na região de estudo ocorre o Sistema Hidrogeológico Barreiras que tem, em geral, as melhores perspectivas de exploração das águas subterrâneas, e o Sistema Hidrogeológico Cristalino, representado pelo embasamento cristalino não aflorante, que apresenta uma baixa vocação hidrogeológica, restrito apenas às zonas fraturadas das rochas gnáissicas do Complexo Ceará capazes de armazenar e ceder água.

A área de estudo está inserida estratigraficamente no Barreiras (Tércio-Quaternário) constituído por níveis arenosos a silto-arenosos, sobreposto ao embasamento cristalino representado pelos gnaisses do Complexo Ceará.

O Barreiras constitui, localmente, o aquífero principal, tanto em termos de área aflorante, quanto em potencialidade econômica como no aproveitamento do recurso hídrico subterrâneo; secundariamente, têm-se o embasamento cristalino não aflorante, contribuindo sensivelmente para o armazenamento das águas subterrâneas por meio de fraturas.

3.5.2.1. Sistemas Hidrogeológicos

No bairro da Parangaba ocorrem dois sistemas hidrogeológicos que são diferenciados nos aspectos de armazenamento hídrico e, principalmente, para o fornecimento da água subterrânea. O primeiro corresponde ao Sistema Hidrogeológico Cristalino, encontrado na base do pacote sedimentar, correspondendo às rochas cristalinas do Pré-Cambriano, não aflorante na área, apresentando pequena capacidade hidrogeológica, restrito apenas às zonas fraturadas capazes de armazenar e ceder água.

O Sistema Hidrogeológico Barreiras encontra-se representando pacote sedimentar onde se tem, em geral, as melhores perspectivas de exploração das águas subterrâneas.

3.5.2.1.1 Sistema Hidrogeológico Barreiras

É representado pelos sedimentos tércio-quaternário da Formação Barreiras, sendo considerado como um aquífero livre composto essencialmente por níveis arenosos a silto-arenosos com predomínio de coloração avermelhada, friáveis, com níveis conglomeráticos ocasionalmente ocorrendo na base. O Barreiras, no contexto regional, não é considerado por alguns autores como um aquífero e, sim, um aquitarde que possui baixa porosidade e condutividade hidráulica estimada em $1,8 \times 10^{-6}$ m/s. Neste trabalho, entende-se que, devido à variação faciológica existente no Barreiras, localmente ele pode apresentar características hidrodinâmicas semelhantes às de um aquífero livre, e assim será referenciado.

Os sedimentos heterogêneos desse sistema hidrogeológico originam diferentes condições de acumulação de águas subterrâneas, sendo que as possibilidades hidrogeológicas aquíferas estão restritas à fácies arenosas, geralmente intercaladas por sequências siltico-argilosas (MARINHO *et al.*, 1986).

Segundo o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), na área de estudo a Formação Barreiras possui espessura média de 23 m (CPRM, 2011). Segundo os mesmo registros, os 48 poços tubulares na área de pesquisa atingem, em média, 50m de profundidade, com vazões acima de $3\text{m}^3/\text{h}$, atingindo até $22\text{m}^3/\text{h}$.

Este aquífero recebe recarga direta das águas oriundas das precipitações pluviométricas e das águas dos riachos situados ao norte da área. Como exutórios, as águas têm a Lagoa da Parangaba e drenagens diversas.

3.5.2.1.2 Sistema Hidrogeológico Cristalino

Para este sistema foi considerado o embasamento cristalino não aflorante, representado litologicamente pelas rochas gnáissicas do Complexo Ceará, onde se intercalam corpos lenticulares de anfibolitos, quartzitos e calcários cristalinos (BRAGA *et al.*, 1981 *apud* ALMEIDA *et al.*, 1989).

Os poços que atingem profundidades superiores a 50 m são classificados como pertencentes ao Sistema Cristalino podendo, ou não, estarem captando água do Barreiras e do Cristalino. Essa classificação é adotada devido à deficiência de

informações hidrogeológicas e à espessura da cobertura sedimentar na área de estudo com média de 50m.

O Sistema Cristalino é definido na literatura hidrogeológica como sendo um meio que possui pequena vocação hidrogeológica. No entanto, leva-se em conta que no Sistema Aquífero Cristalino devem ser observados litologia e o arcabouço estrutural, em que os parâmetros hidrodinâmicos dependem da intensidade do faturamento existente, bem como da abertura das fraturas e da interconexão das mesmas para ocorrer à percolação da água no meio, sendo considerado como um domínio hidrogeológico heterogêneo e anisotrópico; sendo assim, ele pode apresentar resultados favoráveis em termo de vazões, desde que a obra de captação atinja fraturas abertas, interconectadas e saturadas.

Na área de estudo, o sistema cristalino é recoberto pelos sedimentos da Formação Barreiras.

A recarga deste meio é realizada através de precipitações pluviométricas por infiltração indireta e por intermédio dos sedimentos Barreiras que retêm essas águas até que ocorra a infiltração nas fraturas abertas funcionando, também, como aquífero de transferência. O armazenamento e o fluxo também podem ocorrer ao longo das fraturas conectadas a espelhos d'águas (lagoas e açudes) e rede de drenagem. O exutório é representado, particularmente, pela Lagoa da Parangaba e a evapotranspiração. Os poços tubulares construídos na região pesquisada captam água dos dois sistemas hidrológicos, segundo os perfis litológicos (CPRM, 2011).

4. USO OCUPAÇÃO DO SOLO E IMPACTOS AMBIENTAIS

O homem vem se apropriando com grande intensidade e de forma desordenada ao longo do tempo das áreas circunvizinhas da Lagoa da Parangaba, causando a transformação rápida da paisagem, podendo causar riscos ao meio ambiente. Muitas vezes essa alteração pode ocasionar problemas onerosos ou até mesmos irreparáveis ao meio ambiente. Alguns desses problemas estão relacionados ao desmatamento da mata nativa, alteração da topografia, impermeabilização do solo e poluição dos recursos hídricos.

Os fatores que contribuíram para o bairro da Parangaba possuir atualmente um amplo contingente populacional foram: a) Outrora o bairro constituía uma das principais rotas para os indivíduos que vinham do interior do estado para a capital, Fortaleza; b) a proximidade desta com os outros bairros mais desenvolvidos economicamente, além de outros atrativos, a existência de água de boa qualidade, a beleza cênica do local, a Estação Ferroviária (Figura 4.0) e a pouca atratividade das faixas litorâneas ou portuárias, a época contribuíram para o crescimento habitacional da área.



Figura 4.0 – Estação de trens da Parangaba em 1900. (Fonte: Arquivo Nirez *apud* Lopes, 2006).

A urbanização do bairro e o crescimento populacional oriundo do êxodo rural contribuíram para a ocorrência de inúmeros impactos ambientais decorrentes da ocupação desta área, pois não houve a implantação de uma infraestrutura básica que suportasse o crescente contingente populacional.

Outro fator que influenciou para a ocorrência de inúmeros impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada foi à inexistência de uma legislação ambiental, que regulasse os diversos processos de transformações que vinham ocorrendo com os recursos naturais, e a inexistência de fiscalizações e planos gestores relacionados.

A configuração espacial nas imediações da Lagoa da Parangaba é resultado de atividades remanescentes de um processo histórico que em sintonia com a dinâmica encontrada em bairros vizinhos e até mesmo de Fortaleza, o mesmo ritmo de crescimento da capital lhe impusera no final do século XVIII foi aumentada no século XX.

Pode-se observar que, ao longo do tempo no processo de urbanização ocorrido no século XVIII, as regiões de Fortaleza eram apenas aldeamentos sem processo de degradações significantes, mas neste período, o bairro da Parangaba (conhecido anteriormente por Arronches) teve o início de apropriação e ocupação do espaço exercida primeiramente pela Igreja, que imprimia uma configuração espacial pautada nos aldeamentos indígenas. Nesse contexto, a Paróquia de Bom Jesus dos Aflitos aparecia como um centro ao redor do qual foram começando outras edificações, à medida que a Vila crescia (NOBRE, 2010).

Podemos analisar, no contexto histórico, dois períodos que contribuíram com o crescimento urbano do bairro: a primeira exercida pela colonização européia no século XVIII por meio das missões jesuítas responsáveis pelo o início da apropriação da área; e o segundo período no século XX causado pelo crescimento econômico, tornando-se um bairro comercial de produtos e serviços (NOBRE, op.cit).

Pode-se monitorar o crescimento populacional da capital através de dados cedidos do IBGE, do ano de 1970 a 2010 aonde ocorreu o acréscimo de 1.579.483 habitantes (Figura 4.1).

Um grande salto do crescimento populacional de Fortaleza se deu nos anos de 1970 a 1980, com o aumento de 46.609 habitantes; o ápice ocorreu na década seguinte com 42.701 habitantes, estabelecendo uma média de 343.196 habitantes até 2010.

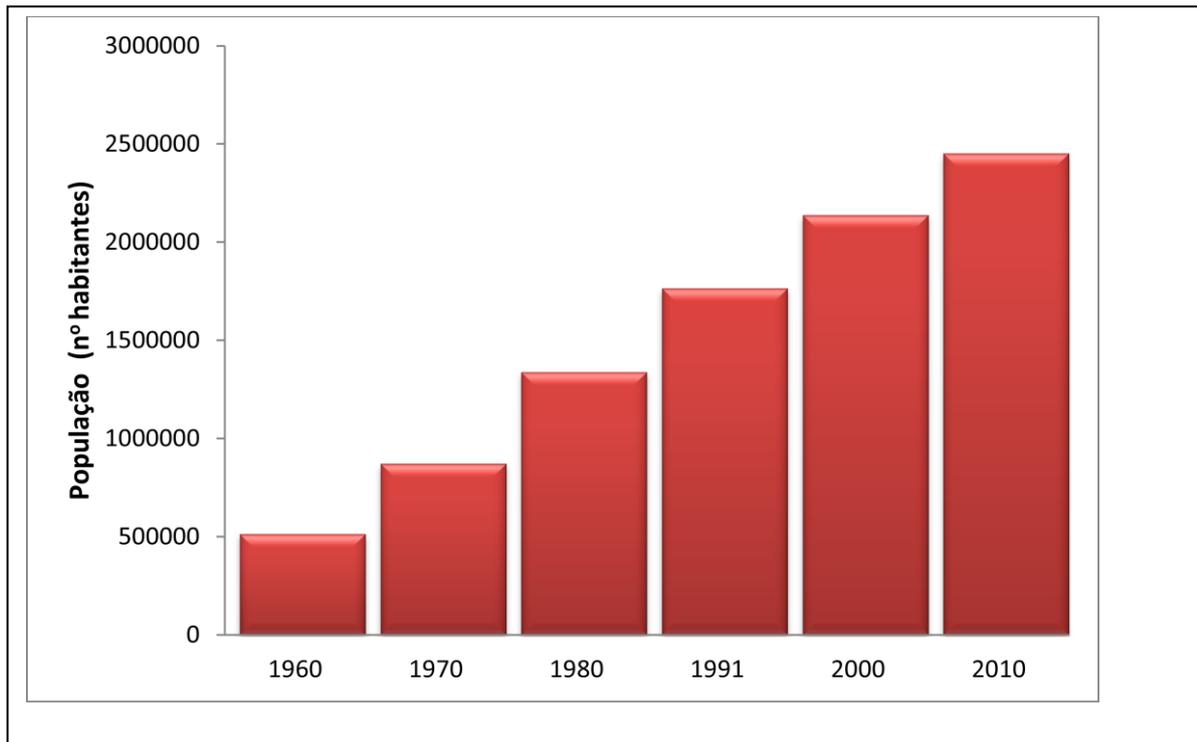


Figura 4.1 – Evolução do crescimento populacional de Fortaleza (Fonte: IBGE, 2010).

Na cidade de Fortaleza foi excedida a capacidade de suporte dos recursos hídricos locais em função do grande aumento da população a partir da década de 70, e para atender a demanda de água do foi criada a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) nesta mesma década. Podemos observar que a criação da Companhia ocorreu na época onde houve o salto populacional.

É possível observar uma profunda modificação da paisagem da Parangaba proveniente do processo de urbanização em meados do século XX. As margens do córrego foram substituídas pela a malha urbana, sobrepondo um cenário antrópico sobre o natural, e as áreas inundadas foram sendo suprimidas pelas construções de edificações ocorrendo o desmatamento da vegetação de tabuleiro e mata ciliar (Figura 4.2).

A partir da Figura 4.2 se pode verificar o avanço da degradação vegetal e a presença de arruamentos, pequenas edificações ainda inexpressivas se comparadas com a paisagem atual.

A vegetação é notadamente suprimida, restando apenas recortes da vegetação nativa. Pode-se, ainda, verificar a existência de equipamento de entretenimento, o

Jockey Clube e, ainda, pequenos recortes que indicam a presença de focos de agricultura (Figura 4.2).

No caso de Fortaleza, a preocupação com as lagoas, com os rios e riachos se deu principalmente pela inexistência de um sistema de abastecimento de água, o que transformava esses mananciais em principais fontes de água do município. Ou seja, as inúmeras lagoas que pontilhavam a cidade compunham alguns dos recursos mais valiosos para a subsistência dos seus primeiros habitantes.

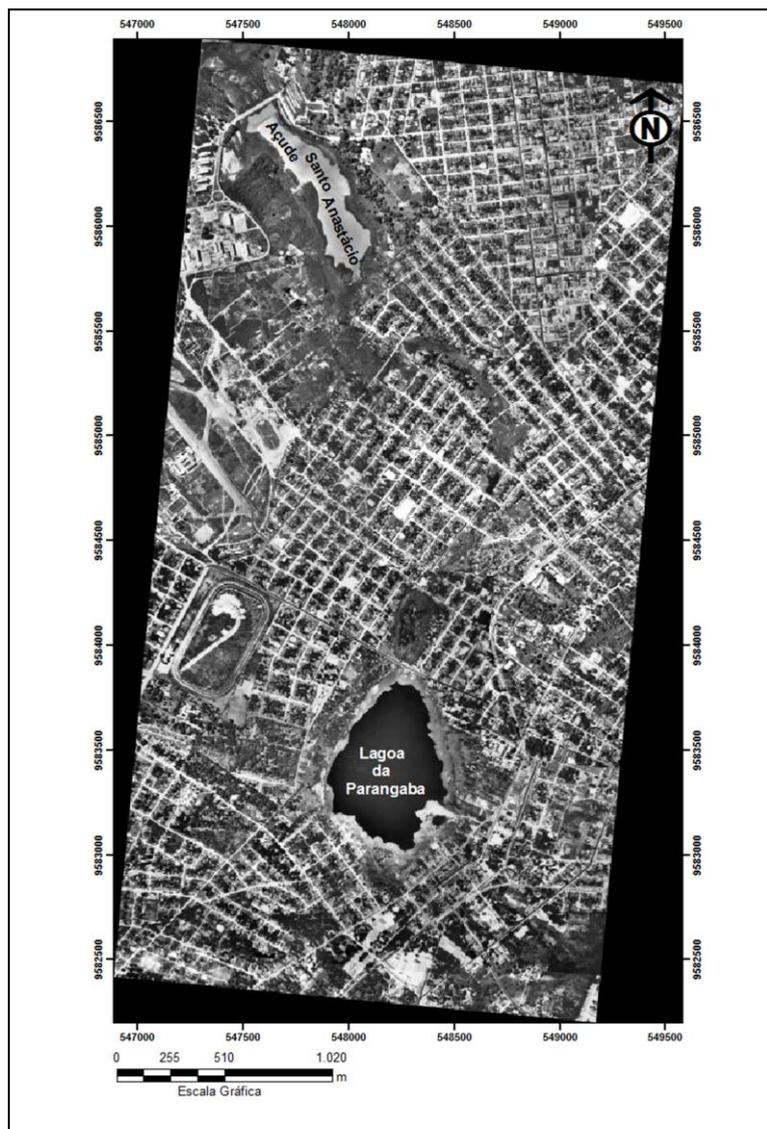


Figura 4.2 - Visão da microbacia hidrográfica da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE em 04/07/1972. (Fonte: CPRM, 2011).

De acordo com o mapeamento das áreas impermeáveis no ano de 1972, a área ocupada pelo desenvolvimento urbano era de 1.290,5 m², sendo que a área total da

pesquisa é 4.251 m², ou seja, 30% da região eram ocupadas por alguma atividade antrópica. O quadro agravou-se em 2010 com 2.512,4 m² de área tomada, ou seja, 59% da região, ocorrendo um crescimento urbano de 1.221,9 m² em 38 anos.

Na Figura 2.0 pode ser observado que a Lagoa da Parangaba, em 1972, possuía 289,4 m², e aumentou para 337,3 m² no ano de 2010, ou seja, ocorreu acréscimo de 47,8 m². Esse fenômeno pode ser provocado pelo desmatamento da mata ciliar e intensificado pela impermeabilização do solo, causando a aceleração do assoreamento que transporta sedimentos e detritos para áreas mais rebaixadas da lagoa, provocando o aumento do nível d'água do manancial e a expansão da área (Figura 4.3).

Foram avaliadas as datas das fotografias aéreas de 1979 e 2010, ambas efetuadas no mês de julho, referente ao período de estiagem; também foi confeccionado um gráfico (Figura 4.4) com dados de precipitação anual de 1966 até 2011, fornecido pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Estação Meteorológica do Campus do Pici/UFC, os dados revelaram que nesses dois anos ocorreram baixas precipitações, havendo um maior declínio no ano de 2010, onde a lagoa apresenta-se maior; esses dados reforçam a hipótese do assoreamento ser o vetor do aumento da Lagoa da Parangaba. O ideal seria se ter um monitoramento sistemático da lâmina d'água da lagoa através de levantamentos batimétricos, porém só foi obtido a batimetria do ano 2006.

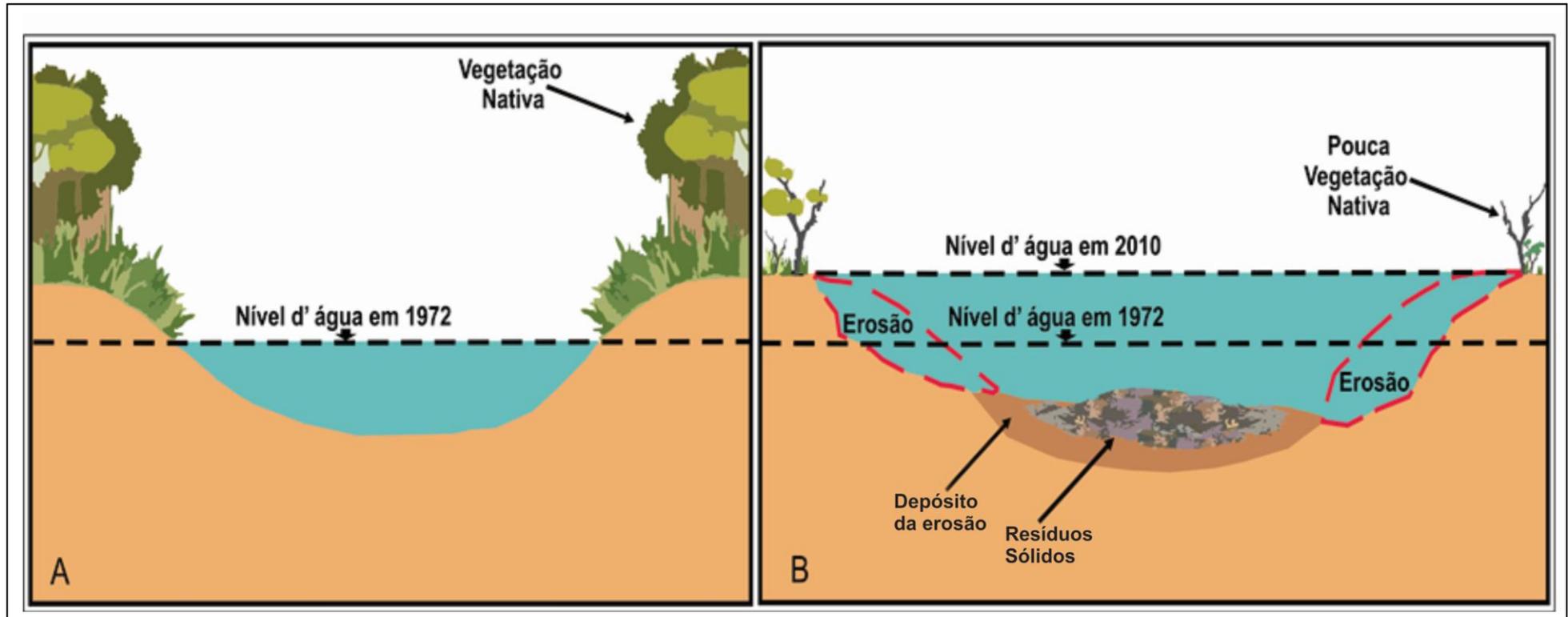


Figura 4.3 – Ilustração esquemática demonstrando a aceleração do processo de assoreamento da Lagoa da Parangaba (A) manancial em 1972; (B) representatividade da situação da Lagoa da Parangaba em 2010 (Oliveira, 2012).

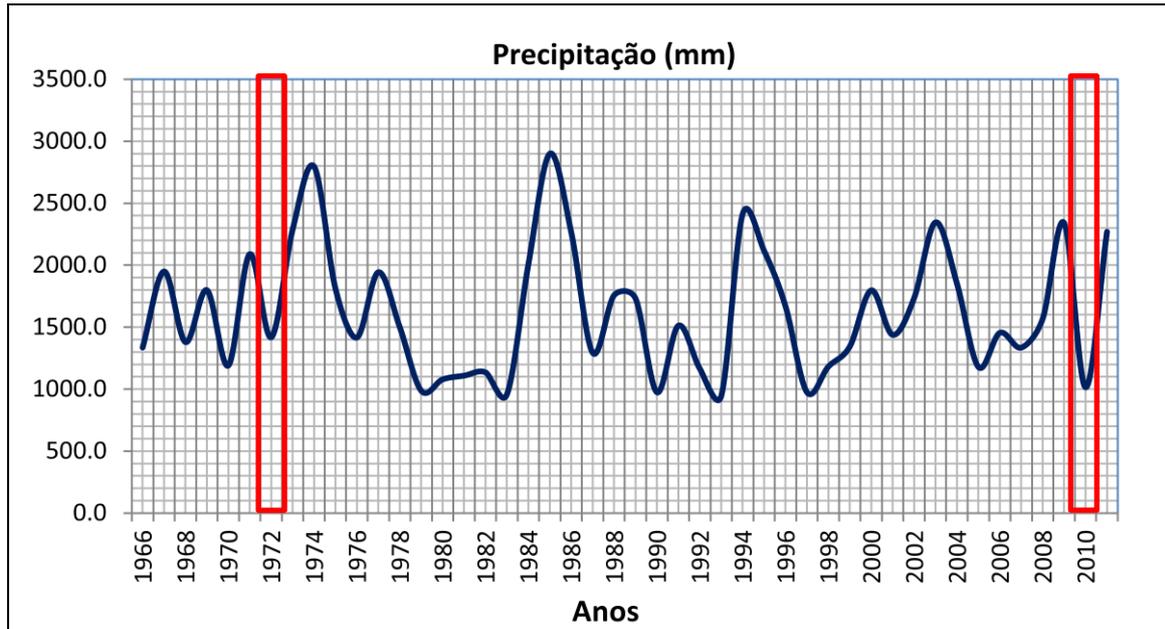


Figura 4.4 – Ilustração gráfica das precipitações anuais de 1966 a 2011, Fortaleza - CE, Dados levantados pela Estação Meteorológica do Campus do Pici/UFC, enquadramentos em vermelho representa os anos que foram levantados os dados aéreos (Oliveira, 2012).

O processo de assoreamento corresponde a uma ação natural, porém muitos estudos indicam que as atividades de urbanização causam a aceleração desse processo. Não foi registrado nenhum caso histórico de enchente entorno da Lagoa da Parangaba, ressaltando-se que as principais causas das enchentes urbanas são provocadas pela impermeabilização generalizada do meio, o excesso de canalização de cursos d'água e a redução da capacidade de vazão das drenagens pelo assoreamento provocado pelo volume de sedimentos que anualmente provém dos intensos processos erosivos que ocorrem nas frentes periféricas de expansão urbana.

Entorno das margens da Lagoa da Parangaba também é observado o nítido desrespeito à legislação ambiental brasileira no tocante às Áreas de Preservação Permanente (APPs), pois as unidades habitacionais estão localizadas a menos de 30 m das margens da Lagoa (Figura 4.5) e do riacho que foi canalizado; esta retificação potencializa a velocidade dos afluentes, favorecendo a chegada mais rápida da contribuição pluviométrica para a Lagoa, favorecendo a ocorrência de enchentes (Figura 4.6). As modificações antrópicas prejudicam os recursos hídricos com a falta de permeabilidade e com o desmatamento da mata ciliar, quando dificulta a expansão de

suas margens nos períodos de máximas precipitações, constituindo um risco para a população que ocupa esta área.



Figura 4.5 – Edificação construída em área de (APP) (coordenadas UTM: 547859/9583514) mostrando o desrespeito ao Código Florestal Brasileiro que delimita o limite permitido para construções realizadas próximas a corpos d'água. Fotografada em 31/10/2011 (OLIVEIRA, 2012).



Figura 4.6 – (A). Imagem *Quick Bird*, julho de 2010, que ilustra o canal com perspectiva aérea da drenagem canalizada, estendendo-se até o Açude Santo Anastácio; (B) Ilustração que mostra a drenagem canalizado, onde corresponde ao sangradouro da lagoa da Parangaba. Fotografada em 31/10/2011 (Fonte: OLIVEIRA, 2012)

5 – FONTES PONTENCIAIS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A possibilidade de contaminação de água subterrânea depende da estrutura do sistema aquífero (que define seu grau de vulnerabilidade) e das características da fonte poluidora (abrangência e potencial poluente).

5.1 - Poluição/Contaminação

O conceito de água poluída depende do ponto de vista do qual se visualiza o problema, ou seja, uma água pode ser considerada poluída para um determinado fim e para outra atividade pode ser considerada apropriada, por exemplo:

- O aumento da temperatura de uma água, além dos limites tolerados para uma determinada espécie de peixe em uma piscicultura, representa uma poluição da água para esta atividade;
- Para as atividades agrícolas, a água pode ser considerada poluída se apresentar um teor excessivo de sódio ou uma salinidade elevada o bastante para afetar o desenvolvimento da planta que está sendo cultivada;
- Na engenharia sanitária a água é considerada poluída se ameaça a saúde pública;

Poluição pode ser entendida como qualquer substância que ameaça a saúde, a segurança e o bem-estar que possa trazer prejuízos econômicos, que cause ameaça a vida aquática, alterando as características da água para determinada atividade ou modificando normas de qualidade pré-estabelecidas (MANOEL FILHO, 2000).

A água é considerada contaminada quando ela possui organismos patogênicos ou substâncias tóxicas ou radioativas, em teores prejudiciais a saúde do homem. Assim, toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída é considerada contaminada, desde que não afete a saúde do homem (MANOEL FILHO, op.cit).

5.2 – Distribuições Espaciais da Poluição

A distribuição espacial da poluição pode ser classificada em três tipos:

- Pontual - quando a fonte está concentrada em uma pequena superfície como, por exemplo, um poço tubular, tanque de combustível ou uma fossa séptica;

- Difusa - quando a fonte de contaminação se estende, mesma com baixa concentração, sobre uma grande superfície, como é o caso de áreas de irrigação ou áreas urbanas, ou do transporte por via atmosférica;
- Linear - quando a fonte de contaminação é um rio ou canal;

5.3 – Fontes Potenciais de Poluição na Área

A poluição da água subterrânea na área de estudo está diretamente ligada com uso e ocupação na região. Estas fontes poluidoras estão distribuídas no entorno da Lagoa de Parangaba e com relação à classe espacial da poluição a área contém dois tipos a (pontual e linear), sendo que a primeira se refere ao Cemitério São José, conhecido popularmente como “Cemitério da Parangaba”, outra fonte que corresponde à mesma classe é representada pelos postos de serviço (combustível), em que muitos deles estão há mais de 20 anos em atividade; além do lixão jogado nas margens da lagoa pela própria população, a segunda corresponde ao córrego, que serve como sangradouro e os canais que deságuam esgoto clandestino para a lagoa.



Figura 5.0 – Fontes Potenciais de Poluição que estão inseridas na área de pesquisa, localizadas no entorno da lagoa da Parangaba. Fotografadas em outubro de 2011.

5.3.1 – Cemitérios

Alguns estudos já foram realizados em dois cemitérios de Fortaleza, o Cemitério São João Batista (Marinho, 1998) e (Pontes, 2010), localizada na faixa costeira de Fortaleza, e o Cemitério Bom Jardim (Oliveira, 2009), localizado na poção sudoeste da capital. Esses trabalhos objetivaram determinar a ocorrência de poluição da água subterrânea causada pelo necro-churume, líquido decorrente da decomposição dos cadáveres sepultados; ambos apresentaram focos de poluição e acredita-se que o Cemitério São José, conhecido amplamente como “Cemitério da Parangaba”, apresenta-se potencialmente na mesma situação dos cemitérios pesquisados.

Fundado no ano de 1921 o Cemitério São José representa um dos cemitérios mais antigos de Fortaleza, com 22560 m² (Figura 5.0).

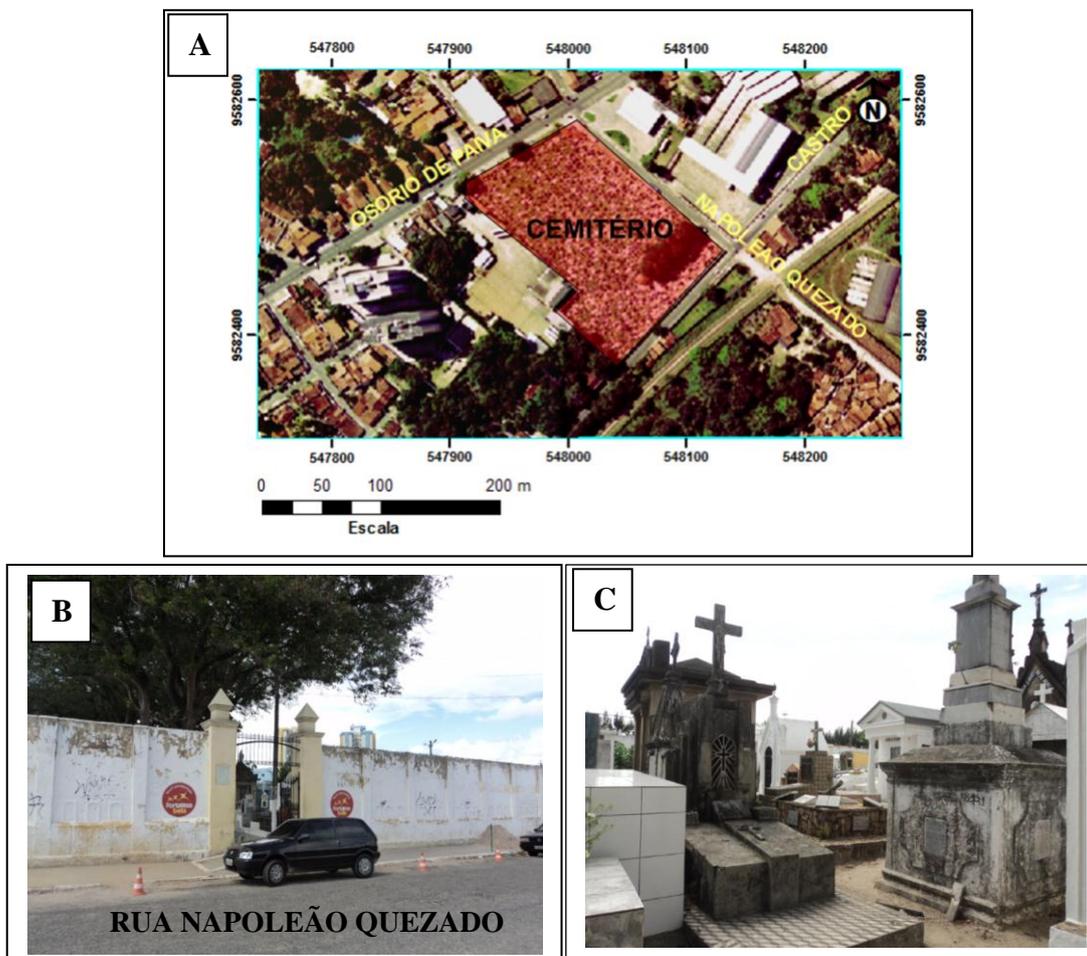


Figura 5.1 – (A) Localização do cemitério da Parangaba (B) Foto mostrando aspecto externo do cemitério (C) Foto que ilustra o aspecto interno do cemitério (2012). Fotografada em 31/10/2011.

Após os primeiros 5 meses de sepultamento, o corpo humano passa por várias transformações, torna-se um ecossistema formado por bactérias patogênicas que decompõe a matéria orgânica tendo como produto o necro-chorume, líquido de coloração castanho acinzentado, constituindo-se de 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas, constituídos por substâncias tóxicas como a cadaverina e a putrescina (MATOS & PACHECO, 2000).

De acordo com Silva (1998), um corpo humano em decomposição que pesa 70 kg é capaz de gerar 40L de necro-chorume e, portanto, com base no número de sepultamentos pode ser estimado o volume de necro-chorume gerado por um cemitério. O peso estimado dos corpos está relacionado ao sexo e idade, e no volume presumido de necro-chorume gerado por cada corpo em decomposição. Segundo dados da administração do Cemitério São José, de 1987 até 2010 foram realizados 17.648 sepultamentos, sendo 48,6% de homens adultos, 38,9% de mulheres adultas, 6,2% de crianças masculinas e 6,3% de crianças femininas. Com base no Censo Demográfico de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o homem adulto pesa em média 70 kg, a mulher adulta 40 kg e criança 20 kg; assim, o Cemitério São José possui um volume estimado de 525.524 L de necro-chorume que foi produzido em um período de 23 anos, lembrando que o processo de decomposição dos corpos cadavéricos corresponde a um processo lento e o montante do necro-chorume gerado pelo cemitério é formado em pequenas quantidades ao longo do tempo.

Dessa forma, o necro-chorume causado por ação bacteriológica, proveniente da decomposição dos corpos sepultados, é fonte potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas, podendo ocasionar problemas relacionados à veiculação de doenças hídricas caso a água contaminada seja consumida na vizinhança do Cemitério da Parangaba onde existem famílias de baixa renda que utilizam a captação de água de cacimbas para suas atividades, e, também, locais que exploram a água subterrânea através de poços tubulares, representados pelos condomínios de classe média, e por empresa que utiliza a água subterrânea comercialmente.

Os cemitérios instalados em terrenos sedimentares, com topografia elevada em relação à circunvizinhança que apresenta o nível estático raso e aliado a uma precipitação irregular, são necrópoles mais susceptíveis à contaminação do recurso

hídrico subterrâneo. A pequena profundidade do nível estático em meio sedimentar arenoso, a grande permeabilidade faz com que o contaminante alcance o aquífero com mais facilidade. Em áreas urbanizadas, onde existem cemitérios instalados, que exibem pequena pluviometria e impermeabilização do solo, existe um alto risco a contaminação, pois a recarga será predominantemente o poluente que atingirá o aquífero e a contaminação ocorre em pouco espaço de tempo. Neste mesmo contexto, o Cemitério da Parangaba está inserido no Barreiras representado por sedimentos areno-argilosos, e está localizado numa área intensamente urbanizada e dessa forma, podemos justificar que as áreas circunvizinhas do Cemitério da Parangaba são vulneráveis a contaminação. O terreno apresenta-se inclinado $0,6^\circ$ na porção NW, e o nível estático entorno do cemitério oscila em torno de 2,6 m.

Outros fatores que contribuem para a dispersão dos contaminantes químicos e microbiológicos no meio rochoso são a natureza dos microrganismos, a temperatura, o teor de umidade do solo, o pH a quantidade de matéria orgânica e a textura do solo.

A degradação da cadaverina e putrecina gera amônia, em condições anaeróbias, que ao serem fermentadas por um grupo de clostrídios ocasiona o consumo de oxigênio causando a oxidação da matéria orgânica e transformação da amônia em nitrato (MIGLIORINI, 1994). No ecossistema do necro-chorume, pode-se observar também a presença de outros tipos de bactérias degradadoras de matéria orgânica (bactérias heterotróficas), proteínas (bactérias proteolíticas) e a lipídios (bactérias lipolíticas) (MATOS, 2001), além de clostrídios sulfito - redutores, pseudomonas aeruginosas, estreptococcus, coliformes totais, coliformes termotolerantes e vírus (entenovírus, enterovírus, poliovírus, hepatitis A adenovírus e rotavírus).

Um maior tempo de sobrevivência das bactérias se deve a temperatura mais baixa, solos mais úmidos e ambientes mais alcalinos com maior quantidade de matéria orgânica. O tempo de vida varia de dois a três meses, apesar de terem sido observados períodos de até cinco anos em condições ideais (PACHECO, 2000). Os vírus, muito embora possam ser transportados mais facilmente pela água, em relação às bactérias, tendo em vista um menor tamanho, são muito susceptíveis a variações de temperatura umidade, além de exigir um hospedeiro para uma sobrevivência mais longa. A velocidade de transporte dos microrganismos pode sofrer retardamentos devido à retenção na superfície de minerais do aquífero ou por moléculas orgânicas presentes no meio (MATOS, op.cit). Os microrganismos podem se propagar num raio superior a 400

metros além da área do cemitério e são responsáveis por doenças de veiculação hídrica. Em geral essas doenças causam fortes distúrbios gastrointestinais, tais como vômitos, cólicas e diarreias (MATOS e PACHECO, 2000).

Sob o aspecto da contaminação química, os efeitos mais prováveis são um aumento na presença de compostos de nitrogênio (NH_3 , NH , NO_2 e NO_3), na concentração de sais minerais (Cl , HCO_3 , Ca , Na) e, conseqüentemente, na condutividade elétrica, no pH, na alcalinidade e na dureza. Podem contribuir, também, com a contaminação por metais, tais como: ferro, cromo, manganês, alumínio, cádmio, chumbo e zinco provenientes dos materiais usados nas urnas, embalsamento, limpeza e manutenção dos jazigos (MIGLIORINI, op.cit). O nitrato (NO_3) e o chumbo (Pb) merecem maior atenção, dentre os parâmetros citados. O primeiro, quando consumido em altas concentrações pode trazer sérios problemas à saúde de crianças recém-nascidas e a pessoas adultas mais vulneráveis, além de ser apontado como um dos responsáveis pela incidência do câncer gástrico (CHAPELLE, 1992). A presença do chumbo na água pode causar o saturnismo, que é uma espécie de envenenamento crônico, atuando sobre o sistema nervoso central das pessoas (CAMPOS, 2009).

No Brasil, a grande maioria dos cemitérios municipais apresenta algum problema ambiental ou sanitário. O risco de contaminação do aquífero é muito grande principalmente naqueles implantados sobre solos permeáveis. Silva (1998), ao estudar 600 cemitérios em no Brasil, concluiu que 75% das necrópoles públicas e 25% das particulares apresentam grandes potenciais de poluição das águas.

5.3.2 – Postos de Serviços (Combustíveis)

Os hidrocarbonetos formados somente por carbono e hidrogênio em sua composição são considerados os compostos orgânicos mais simples da química orgânica. O carbono é um átomo tetravalente capaz de se ligar a outros átomos em diversos arranjos, o que possibilita a formação de uma extensa variedade de substâncias com características diversas. Ele pode formar cadeias retas, ramificadas, cíclicas e aromáticas, ou uma combinação delas, com vários tamanhos. Em geral os hidrocarbonetos são poucos reativos, pouco corrosivos e muito pouco solúveis em água o número de átomos de carbono, a ligação entre eles e sua disposição espacial dão origem a diferentes grupos de hidrocarbonetos, cada grupo sendo formado por

substâncias que apresentam características físico-químicas similares, embora a magnitude dessas características possa variar consideravelmente (FONSECA, 1992).

Derivada do petróleo, a gasolina é uma mistura muito complexa, com mais de uma centena de compostos químicos diferentes apresentando, em sua maioria, de 5 a 12 átomos de carbono compondo hidrocarbonetos leves. Dependendo da origem e tipo de petróleo que a gerou, dos processos utilizados na refinaria e da existência ou não de aditivos para melhorar seu desempenho e minimizar o desgaste mecânico, a composição da gasolina pode ser extremamente variável. Nas refinarias, o óleo cru é separado numa torre de destilação em diferentes frações e, através de processos adicionais, os compostos mais leves se dividem em quatro ou cinco fluxos principais que são misturados fencendo a composição final da gasolina (KREAMER E STETZENBACH, 1990).

Após um vazamento de gasolina os hidrocarbonetos que ocorrem com maior frequência nas águas subterrâneas, são o benzeno, tolueno, etilbenzeno, para-xileno, metaxileno e orto-xileno, os chamados compostos BTEX (DOMENICO & SCHWARTZ, 1990).

Os compostos BTEX são os que geram grande risco à saúde humana, pois dentre os hidrocarbonetos são os mais solúveis que compõem a gasolina. Além de serem depressores do sistema nervoso central, apresentam toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações, na ordem de ppb (parte por bilhão). O benzeno é o mais tóxico deles, pois uma exposição aguda (altas concentrações em curtos períodos) pode causar a morte do indivíduo. Também foi comprovado que é uma substância cancerígena, mesmo se ingerida ou inalada em baixas concentrações por períodos não muito longos de tempo.

O padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério é da Saúde de 0,01 mg/L (10 ppb). Entretanto, segundo OLIVEIRA *et al.* (1990), quando uma certa quantidade de gasolina entra em contato com a água pode chegar a 30 mg/L (30.000 ppb).

Constituído uma substância mais pesada do que a gasolina, o óleo diesel é formado por vários hidrocarbonetos com 6 a 22 átomos de carbono, e também apresenta BTEX em sua mistura, porém numa proporção menor que na gasolina. Embora seja o combustível mais consumido do país, cerca do dobro do volume de gasolina, o óleo diesel, em termos ambientais, é um combustível menos preocupante devido a sua menor

mobilidade no meio poroso e por possuir menos compostos tóxicos em sua composição comparada com a gasolina.

No Brasil as vendas de combustíveis cresceram 8,4% em 2010, segundo a ANP (2011), aonde o volume comercializado foi 117,9 bilhões de litros. A expansão foi determinada pela retomada econômica, que impulsionou as vendas de óleo diesel 49,2 bilhões de litros, alta de 11,2% frente ao ano de 2010. No Ceará não foi diferente, a venda de combustível teve incremento recorde nos últimos dez anos, conforme dados da ANP. Em janeiro de 2000, o consumo foi de 38,5 milhões de litros de gasolina, bem atrás dos 69,6 milhões de litros em janeiro de 2011, representando um crescimento de 80,7%. Diante do igual mês de 2010, o consumo de gasolina foi 10,2% o maior no Estado.

Tendo em vista que na cidade de Fortaleza são cerca de 370 postos de abastecimento, e que desse total 45% encontram-se com idades entre 33 e 25 anos, o que torna preocupante o problema, pois a experiência, principalmente nos EUA, que é o maior consumidor de combustível mundial e onde o armazenamento desse produto é realizado em tanques subterrâneos desde o começo do século passado, só apenas na década de 80 vieram constatar a gravidade do problema, foram registrados vários incidentes relacionados à contaminação do solo e da água subterrânea gerada por combustíveis derivados de petróleo. A partir dessas experiências foi constatada que a vida média de um tanque subterrâneo é de 20 anos, e que depois de 15 anos de uso as chances de ocorrer vazamentos aumentam proporcionalmente com o tempo.

Após esses registros se tornou um dos maiores problemas ambientais, e nos EUA. O Congresso propôs uma emenda a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (RCRA) para regulamentar o uso dos tanques. Em 1988, a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (*United States Environmental Protection Agency - EPA*) publicou as normas e regulamentações para o setor de armazenamento subterrâneo de combustíveis. Conforme a lei todos os tanques deviam se adaptar as normas propostas, seguido por um escala cronológica de instalação até o ano de 1993.

Os tanques anteriores a 1965, ou cuja idade fosse desconhecida, teriam que estar em concordância até 1989. Os com idade entre 1966 e 1969 até 1990; os de 1970 a 1974 em 1991; os 1975 e 1979 em 1992; e entre 1980 e 1988, até 1993. Até o final do ano 1993, todos os tanques deveriam ter sistema de proteção contra vazamentos.

5.3.2.1 A experiência de Fortaleza - CE

Foram cadastrados no bairro da Parangaba 10 postos de serviços, onde 5 estão dentro da área da pesquisa (Figura 5.1).

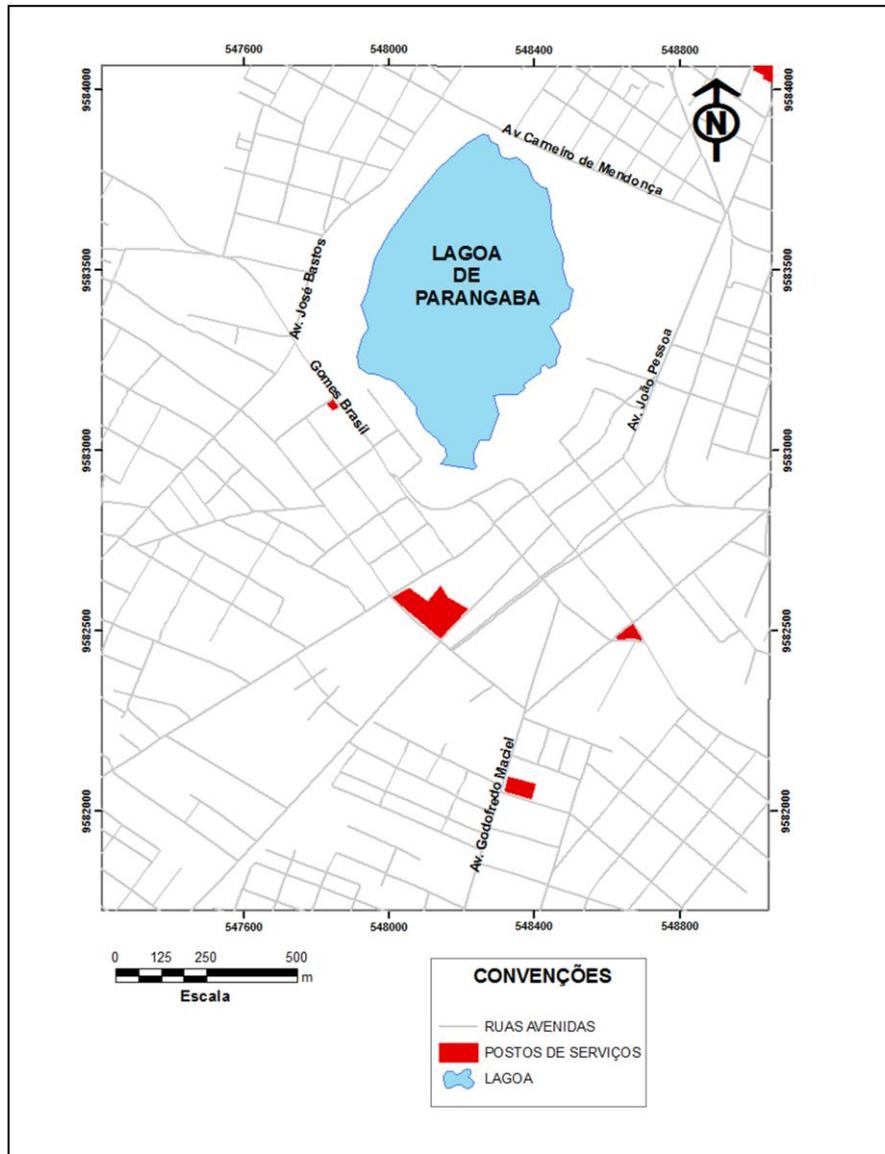


Figura 5.2 – Distribuição espacial dos postos de combustíveis inseridas na área de estudo (OLIVEIRA, 2011).

São poucos os registros de vazamentos de combustíveis apontados pelo órgão responsável por problemas ambientais de Fortaleza (SEMACE). Como secretarias de meio ambiente estadual, prefeitura e corpo de bombeiros, são notificados somente em circunstâncias excepcionais, (grandes vazamentos visíveis em porões das vizinhanças com perigo de fogo ou explosão iminente), a maior parte dos vazamentos reportada pelo

proprietário do posto de gasolina é direto para o seu distribuidor, que contrata uma empresa para fazer a remediação e substituição do tanque avariado e, muitas vezes, o órgão ambiental não toma conhecimento da ocorrência. Uma pesquisa foi realizada em 20 postos de serviço de Fortaleza por PEDROSA (2004), onde um posto de abastecimento localizado na Av. Senador Fernando Távora a 588 m da Lagoa da Parangaba foi contemplado por esse estudo, foi utilizado nessa pesquisa análises de hidrocarbonetos totais e concentração de compostos BTEX, além de seções GPR nos 20 postos pesquisados, em que os resultados classificaram os postos em 3 categorias (contaminados, suspeitos e não contaminados). *Os contaminados* foram 4 postos que apresentam históricos comprovados de contaminação e que em sua seções GPS observaram-se zonas de baixa reflexão, características de áreas impactadas por hidrocarbonetos; *postos suspeitos à contaminação*, onde o posto inserido próximo a Lagoa de Parangaba ficou nessa classe, apesar de não ter histórico comprovado de contaminação, e 9 postos apresentaram assinatura GPR semelhante às observadas nos postos contaminados. Através das análises hidroquímicas pode-se constatar que dois destes postos estão realmente contaminados; *não contaminados* foram 7 postos, cuja respostas GPR não apresentaram zonas de baixa reflexão características desde tipo de impacto. Em dois deste, onde foi possível realizar análises hidroquímicas, concentrações inferiores a 1,0 mg/L de HCT e não detecção de BTEX confirmam a interpretação dos dados GPR.

5.3.3 – Fossas Sépticas

O barro da Parangaba foi um dos bairros pioneiro do crescimento urbano em Fortaleza. Para que ocorresse o avanço urbano, diversas atividades antrópicas ocorreram gerando degradações ao meio ambiente; registros mostram que o processo habitacional do bairro iniciou-se no final do século XVIII, por aldeamentos jesuítas, e apenas no século XX, na década de 70, surgiu a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE); porém, nessa época, a companhia não possuía um projeto de saneamento para a capital, então muitas residências possuíam fossas sépticas em suas propriedades, que foram construídas sem nenhum cuidado sanitário e ambiental. Somente em 1992, o governo do Estado do Ceará, através de convênio com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), estabeleceu um programa de saneamento básico para o

Município de Fortaleza, denominado Projeto Sanear, desenvolvido no período 1992-2000. O objetivo deste programa era a construção da rede de esgotamento sanitário e de drenagem urbana e a construção de aterros sanitários para atender a coleta dos resíduos sólidos. O bairro da Parangaba foi contemplado pelo projeto, porém as fossas domésticas contribuíram para a poluição das águas subterrâneas por mais de três décadas, levando em consideração que o ápice do crescimento populacional ocorreu na década de 70. A poluição da água subterrânea por fossas sépticas é identificada pelas análises de concentração de nitrato na água, como também, pelas análises microbiológicas. Na área de estudo apresentaram elevados valores de nitrato e foram registradas através de cinco análises bacteriológicas a presença de bactérias do grupo coliformes, ou seja, o grande intervalo de tempo do uso dessas fossas domésticas contribuiu com a poluição do aquífero da região, mesmo dispondo do serviço de esgoto sanitário a área levará um amplo intervalo de tempo para recompor anos de poluição.

5.3.4 – Canal de drenagem

Na porção sul da área é localizado um rio canalizado (Figura 5.2) que deságua na Lagoa da Parangaba. No canal são lançados dejetos de origens diversas, tais como lixo urbano oriundo da população residente circunvizinho à lagoa, além de efluentes líquidos despejados por pequenas empresas anônimas ocasionando a poluição do canal e atingindo a lagoa que provoca a morte da fauna aquática.



Figura 5.3 – Drenagem canalizada na área de estudo (OLIVEIRA, 2011).

6 – SITUAÇÕES DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO

Com a junção dos dados do cadastro do SIAGAS com o novo cadastro efetuado nesse projeto, foi possível avaliar a situação das obras de captação das águas subterrâneas no entorno da Lagoa da Parangaba. A área de estudo abriga 86 obras de captação, sendo que 44% delas correspondem a cacimbas (Figura 6.0) e 56% constituem poços tubulares. As obras com melhor estado de conservação são os tubulares, bem protegidos sanitariamente, enquanto que as cacimbas não apresentam o mesmo quadro, e apresentam problemas, onde normalmente não existem cuidados sanitários e nem são levados em consideração os padrões técnicos da ABNT-NBR nº. 12.212 de 30/04/2006, com algumas dessas obras exibindo aspecto de abandono pelo proprietário, tornando-se verdadeiros depósitos de lixo (Figura 6.1).

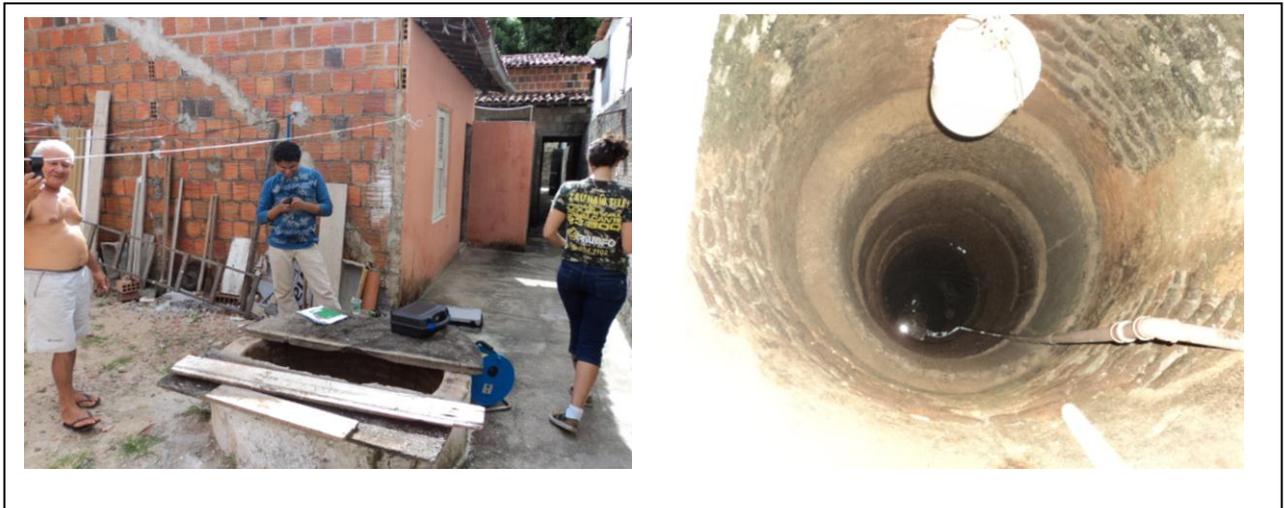


Figura 6.0 – Cacimba construída com tijolos sem proteção maior da boca, Bairro da Parangaba, Fortaleza – CE. Coordenadas UTM: 9581945/547848. Fotografada em 31/10/2011.



Figura 6.1 – Cacimba em mau uso, apresentando condição sanitária precária. Bairro da Parangaba, Fortaleza – CE, Coordenadas UTM: 9582345/547526. Fotografada em 31/10/2011 (Fonte: OLIVEIRA, 2011).

Os poços tubulares apresentam tipos de revestimento diferentes, onde 43% deles são de PVC geomecânico e apenas um poço tem o seu revestimento de ferro; a grande maioria desses poços é de uso privado, instalados em condomínios de classe média e apenas um poço tubular foi construído em pequena indústria que utiliza o recurso para diversos fins comerciais; as finalidades dos 48 poços tubulares são classificadas: como sendo 20 (42%) como domésticos utilizados para atender as necessidades básicas dos proprietários; 18 (37%) não se têm informações; 8 (17%) são usados para múltiplas atividades, como limpeza de carros, recreação e jardinagem, 1 (2%) é utilizado para atender pequena indústria e 1 (2%) para atividade comercial (Figura 6.2).

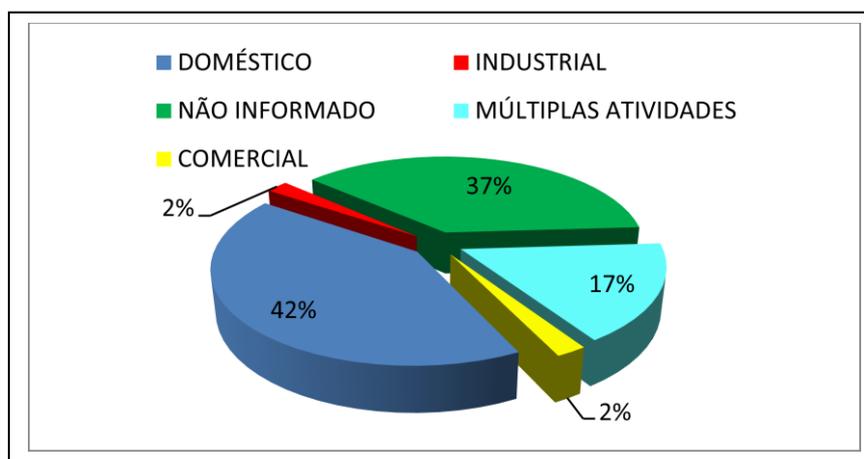


Figura 6.2 - Uso dos poços tubulares em torno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza-CE (OLIVEIRA, em 2011).

Dos 48 poços tubulares, 42 possuem informações sobre vazões que oscilam de 0,2 a 6,6 m³/h, com média de 2,4 m³/h. Ao sul da área localizado na Rua Perdigão de Oliveira a 399 m do cemitério São José está instalada a indústria que comercializa água adicionada de sais, não se tendo dados das vazões dos 3 (três) poços construídos, mas os moradores que residem na circunvizinhança à mesma informaram no decorrer do cadastro em campo que suas cacimbas secaram após a instalação da empresa (Figura 6.3).



Figura 6.3 – Empresa que comercializa o recurso subterrâneo como água adicionada de sais (Fonte: OLIVEIRA, 2011), bairro Parangaba, Fortaleza – CE. Fotografada em 31/10/2011 (Coordenadas UTM: 9582460/547651).

As profundidades dos poços tubulares variam de 12 a 96 m, média de 53 m. A distribuição espacial das obras de captação está ilustrada no mapa de pontos (Figura 6.4). Em relação às 38 cacimbas cadastradas, 30 (79%) foram construídas com anéis pré-moldados de cimento e 8 (21 %) construídas com tijolos. Os poços com revestimento de tijolo podem ser considerados antigos, pois segundo as entrevistas com moradores, estes foram construídos há mais de 20 anos (Figura 6.4). Os que possuem anéis pré-moldados são mais recentes, pois este tipo de material começou a ser disponibilizado há 30 anos (SOUZA, 2002).

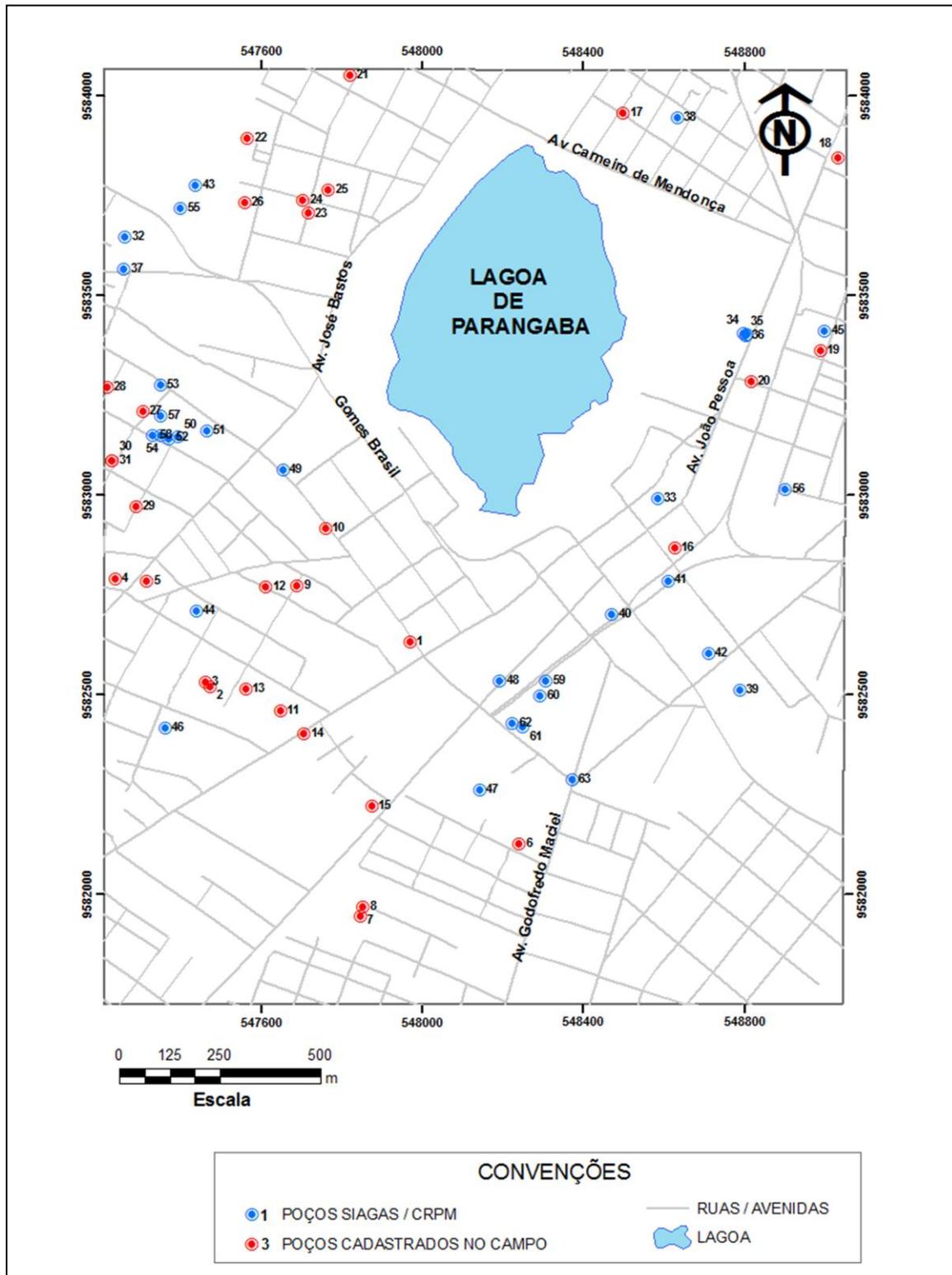


Figura 6.4 – Distribuição espacial dos poços da área de estudo (OLIVEIRA, 2011).

As cacimbas possuem profundidade variando de 3 a 15 m, média de 8 m, e nível estático de 0,75 a 12 m, média de 4,7 m. Com relação à finalidade, das 38 cacimbas cadastradas, 6 (16%) são utilizadas como fonte principal de água e 32 (84%) como fonte alternativa, ou complementar ao abastecimento de água .

7 - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

Neste capítulo será abordada a caracterização da composição química da água subterrânea entorno da Lagoa da Parangaba, englobando a classificação iônica, qualidade e uso para consumo humano e recreação.

Para isto, foi realizado um monitoramento físico-químico durante os períodos chuvoso e de estiagem em (20) pontos de observação localizados na área, com o objetivo de conhecer a variação destes parâmetros ao longo de um ciclo hidrológico (Tabela 1.0 e Figura 7.0).

A condutividade elétrica apresenta o maior destaque no gráfico Box-plot em ambos os períodos; esse parâmetro exibiu a maior amplitude (1301 $\mu\text{S}/\text{cm}$) em relação aos demais parâmetros avaliados, apresentando valores que oscilam de 89 a 1390 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com mediana de 636 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o desvio padrão de 273 a 618 no período de estiagem e chuvoso, respectivamente. Os resultados estatísticos da condutividade elétrica estão extremamente ligados aos resultados de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e mostraram, também, uma intensa amplitude 771 mg/L, e valores que variam de 54 a 825 mg/L, observando-se que os elevados valores de STD refletem os altos valores de condutividade. Considerando-se que os elementos dissolvidos na água não sejam totalmente provenientes da decomposição da rocha cristalinas, pois as amostras que foram coletadas não eram de poços profundos (não atingiam o embasamento cristalino) e, além disso, os resultados de nitrato e de cloreto apresentaram valores acima do admitido pela Portaria nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, sendo esses dois elementos tóxicos em grandes quantidades e ambos são bons indicadores de poluição por resíduo humano, causando risco à saúde pública.

7.1. Relações Iônicas na Área Circunvizinha a Lagoa da Parangaba.

As análises qualitativas da água subterrânea resultaram de 39 amostras, sendo divididas em duas etapas de amostragens, 19 amostra coletadas no período de estiagem e 20 no período chuvoso, quando também foram feitas as determinações em campo de pH, condutividade elétrica e STD (Apêndice B).

Em uma análise hidroquímica completa, a concentração total dos cátions deve ser aproximadamente igual à concentração total dos ânions, onde o desvio percentual desta igualdade é de 10%, determinado pelo coeficiente de erro da análise (e%) definido por Logan 1965 (*apud* SANTOS 2000). As análises apresentaram erros toleráveis, inferiores a onde a 9,30%. (LOGAN, 1965 *apud* SANTOS, 2000).

Tabela 1.0– Parâmetros analisados das águas subterrâneas e dados estatísticos de amostras no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza-CE (Referentes aos períodos de estiagem e chuvoso)

Período de Estiagem - outubro/2011																
Parâmetros	pH	CE	Bicarbonato	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Cloreto	Sulfato	Nitrato	STD	Fluoreto	Alcalinidade Total	Dureza	Turbidez	Silica
Média	5,500526	625,4211	40,68421053	17	16,947368	63,052632	8,315789	174,4737	32,05263	14,94737	367,4737	0,117895	33,42105263	113,4737	7,936842	4,315789
Erro padrão	0,236137	62,44222	10,70553571	2,850054	2,107455	8,2417684	1,078912	25,08236	5,330851	2,248422	37,31832	0,041363	8,787722626	14,04741	1,198323	0,465491
Mediana	5,46	636	22	14	16	59	7	132	26	15	370	0,06	18	96	6,5	4
Modo	6,93	576	113	14	17	66	7	#N/D	20	10	#N/D	0,06	93	96	5,7	4
Desvio padrão	1,029296	272,1793	46,66434831	12,4231	9,1861834	35,925036	4,702867	109,3315	23,23664	9,800644	162,6668	0,180295	38,30479487	61,23123	5,223367	2,029029
Variância da amostra	1,05945	74081,59	2177,561404	154,3333	84,385965	1290,6082	22,11696	11953,37	539,9415	96,05263	26460,49	0,032506	1467,25731	3749,263	27,28357	4,116959
Intervalo	3,53	1301	160	49	36	177	20	389	87	35	771	0,77	131	206	25,4	8
Mínimo	3,7	89	0	1	3	7	2	19	4	1	54	0,03	0	14	2,6	2
Máximo	7,23	1390	160	50	39	184	22	408	91	36	825	0,8	131	220	28	10
Soma	104,51	11883	773	323	322	1198	158	3315	609	284	6982	2,24	635	2156	150,8	82
Nº de dados	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Nível de confiança(95,0%)	0,496105	131,1862	22,49149593	5,987741	4,4275987	17,315313	2,266709	52,69609	11,1997	4,723759	78,40288	0,0869	18,46232015	29,51251	2,517583	0,977961

Período Chuvoso - junho/2012																
Parâmetros	pH	CE	Bicarbonato	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Cloreto	Sulfato	Nitrato	STD	Fluoreto	Alcalinidade Total	Dureza	Turbidez	Silica
Média	5,537	604,2	40,9	18,5	16,8	67,3	24,4	108,8	46,35	11,25	378,9	0,32	33,25	116,6	6,96	6,3
Erro padrão	0,200267	48,87102	9,358896696	3,696015	2,0138991	4,7406973	1,726573	10,08193	11,24705	1,642967	31,05148	0,011698	7,723809736	14,53642	0,5799	1,452946
Mediana	5,665	636,5	30	12	16,5	71	26	113	38	13	378	0,3	24	106	6,5	4
Modo	#N/D	#N/D	44	0	16	63	23	141	1	16	361	0,3	8	92	6,5	2
Desvio padrão	0,895622	218,5579	41,85425841	16,52908	9,0064305	21,201043	7,721467	45,08775	50,29835	7,347574	138,8664	0,052315	34,54192723	65,00883	2,593392	6,497773
Variância da amostra	0,802138	47767,54	1751,778947	273,2105	81,115789	449,48421	59,62105	2032,905	2529,924	53,98684	19283,88	0,002737	1193,144737	4226,147	6,725684	42,22105
Intervalo	3,28	955	177	53	37	95	34	215	209	26	558	0,2	145	236	12,3	25
Mínimo	3,68	99	0	0	1	20	7	21	1	0	81	0,2	0	12	4,9	2
Máximo	6,96	1054	177	53	38	115	41	236	210	26	639	0,4	145	248	17,2	27
Soma	110,74	12084	818	370	336	1346	488	2176	927	225	7578	6,4	665	2332	139,2	126
Nº de dados	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Nível de confiança(95,0%)	0,419164	102,2882	19,58839591	7,735848	4,2151392	9,9223934	3,613758	21,10172	23,54035	3,43877	64,99149	0,024484	16,16611957	30,42507	1,213745	3,041051

OBS: As unidades estão apresentadas em mg/L, com exceção de CE em ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C), Turbidez UNT e pH. Legenda: CE – Condutividade Elétrica, STD – Sólidos Totais Dissolvidos, #N/D – não determinado.

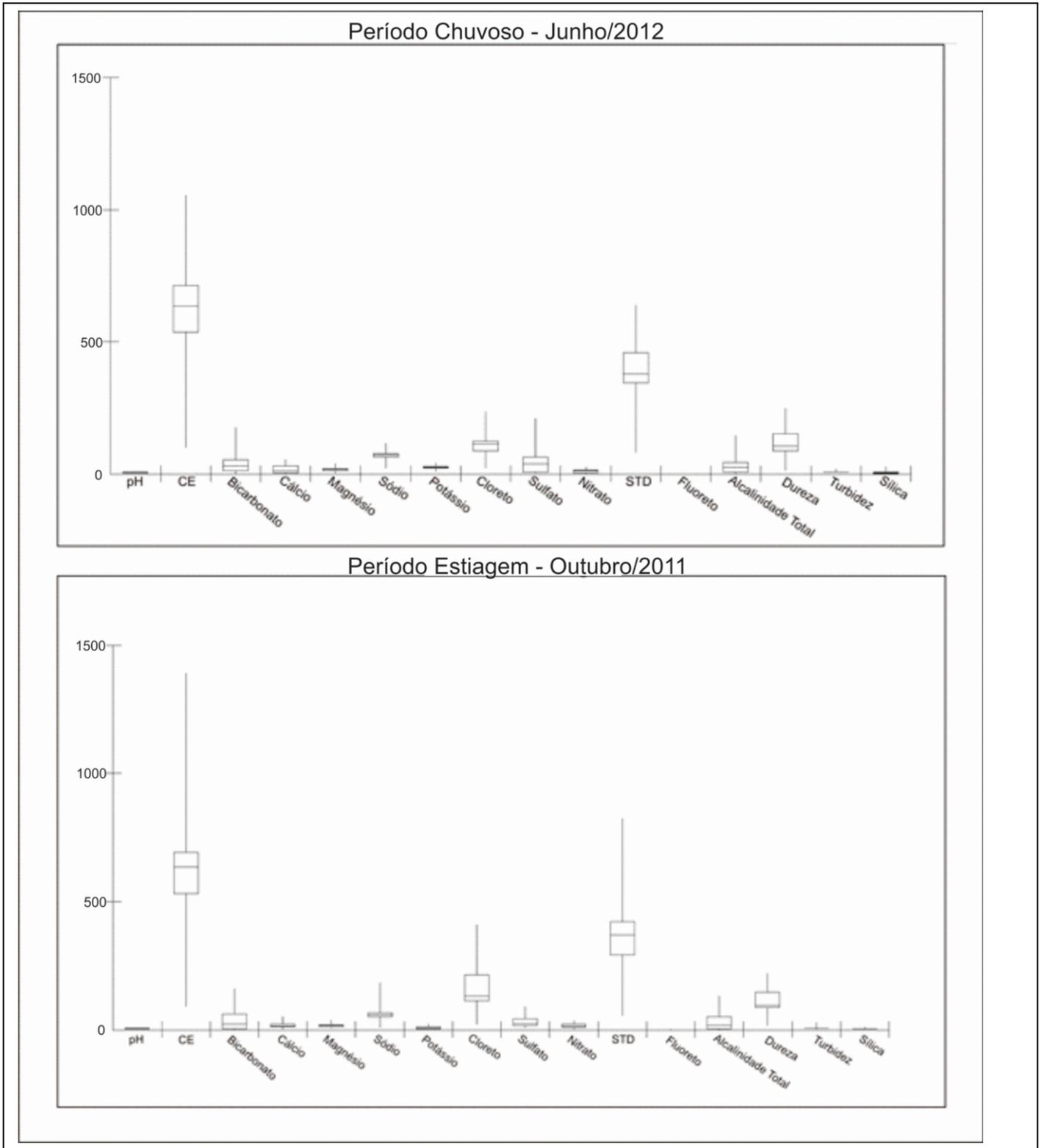


Figura 7.0 – Gráfico box-plot ilustrando o comportamento da variação dos principais elementos.

7.2. Composição Físico-Química

Neste item são realizadas considerações sobre a composição físico-química das águas, referente às amostragens realizadas em 31/10/2011 que corresponde à época de estiagem e amostragens realizadas em 04 /06/2012 referentes à época chuvosa.

7.2.1. Dureza

A dureza da água é produzida pela concentração de Ca^{2+} e Mg^{2+} , ou seja, de sais alcalino-terrosos, e é demonstrada pela quantidade de sabão necessária para que se produza espuma. Neste trabalho foi utilizada a classificação para a dureza total de CUSTÓDIO & LLAMAS (1983) *apud* SANTOS (2000), que usa a dureza total em mg/L de CaCO_3 .

Segundo esses autores, a água é classificada em quatro (4) classes: branda, pouco dura, dura e muito dura. As águas são consideradas *brandas* quando os valores variam de 0-50 mg/L de CaCO_3 , *pouco dura* quando abrange valores que oscilam de 50-100 mg/L de CaCO_3 , *duras* quando apresentam valores que variam de 100-200 mg/L de CaCO_3 e, por fim, são classificadas como *muito duras* quando exibem valores superiores a 200 mg/L de CaCO_3 .

Das águas analisadas no período de estiagem, 14 (74%) são classificadas como “*brandas*” (< 50 mg/L CaCO_3), 4 (21%) são “*pouco duras*” (50-100 mg/L CaCO_3) e apenas 1 (5%) é dita “*dura*”. Enquanto que no período chuvoso se observou um maior percentual de águas “*duras*”, com 8 amostras (40%), seguidas por águas “*pouco duras*” com percentual de 6 (60%) e por fim águas “*brandas*” e “*muito duras*” cada uma com igualdade de 3 amostras (15%). Ressalta-se que os valores de dureza nas amostras analisadas em ambos os períodos estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde do Brasil, considerando-se até VMP de 500 mg/L de CaCO_3 .

7.2.2. pH

O pH (potencial hidrogeniônico) reflete a concentração do hidrogênio iônico na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes, expresso em moles de íons de hidrogênio por litro de solução. Na escala de valor do pH, a mudança de uma unidade para outra varia de 10 vezes a concentração do íon hidrogênio.

A classificação da água quanto ao pH é feita se utilizando os seguintes critérios: pH inferior a 7 (água ácida), pH superior a 7 (água básica a alcalina) e pH igual a 7 (água neutra).

O pH medido em campo nas águas dos pontos de amostragem monitorados no período de estiagem (Apêndice B) variaram de 4 a 7, com média de 5,5 (Figura 7.1), apresentando 13 amostras (P02, P06, P10 a P14, P21, P22, P24, P26, P28, P30) com valores ácidos, não sendo recomendados pela Portaria N° 2914/2011 do MS, que recomenda valores de 6 à 9,5 para águas relacionadas ao consumo humano. No período chuvoso o comportamento das águas é bastante semelhante oscilando de 3 a 6, com média de 5,5 apresentando problemas de acidez nos mesmos poços citados no período de estiagem (Figura 7.1).

Em relação à distribuição espacial do pH, as áreas que apresentaram as águas mais ácidas estão na porção noroeste e sudoeste em ambos os períodos (Figura 7.2). A acidez está potencialmente vinculada a composição do solo oriundo do Barreiras, confirmado através dos perfis litológicos nessa região, representando um solo mais argiloso podendo acumular mais matéria orgânica nessa região tornando a água mais ácida.

A porção sudeste apresenta maior concentração das águas básicas no período de estiagem, segundo o mapa de isolinhas de pH (Figura 7.2).

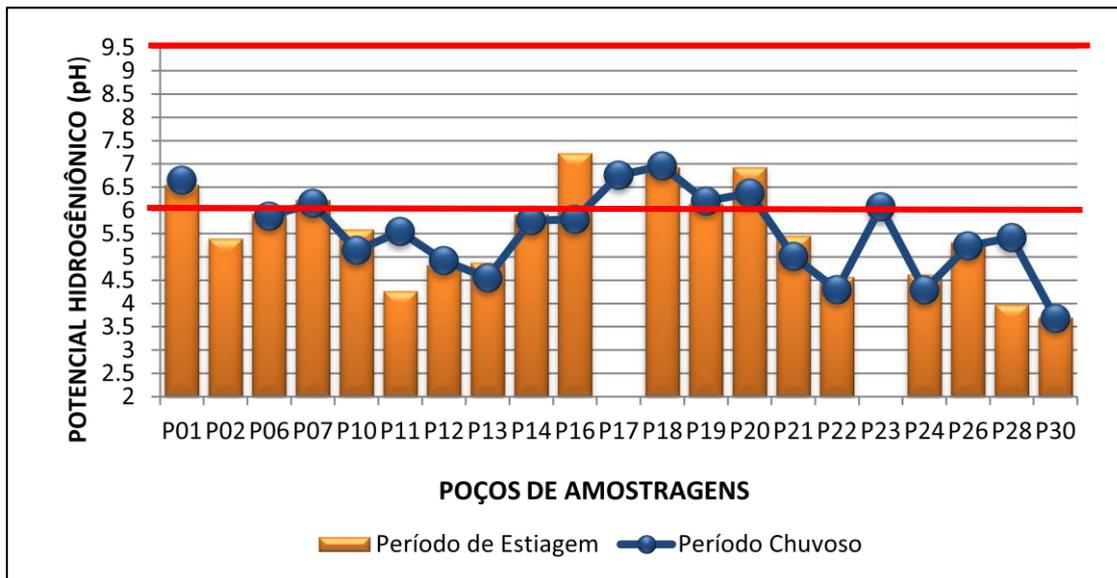


Figura 7.1– Variação dos valores de pH no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza-CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012). O padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914 /2011 do MS é de 6 a 9.

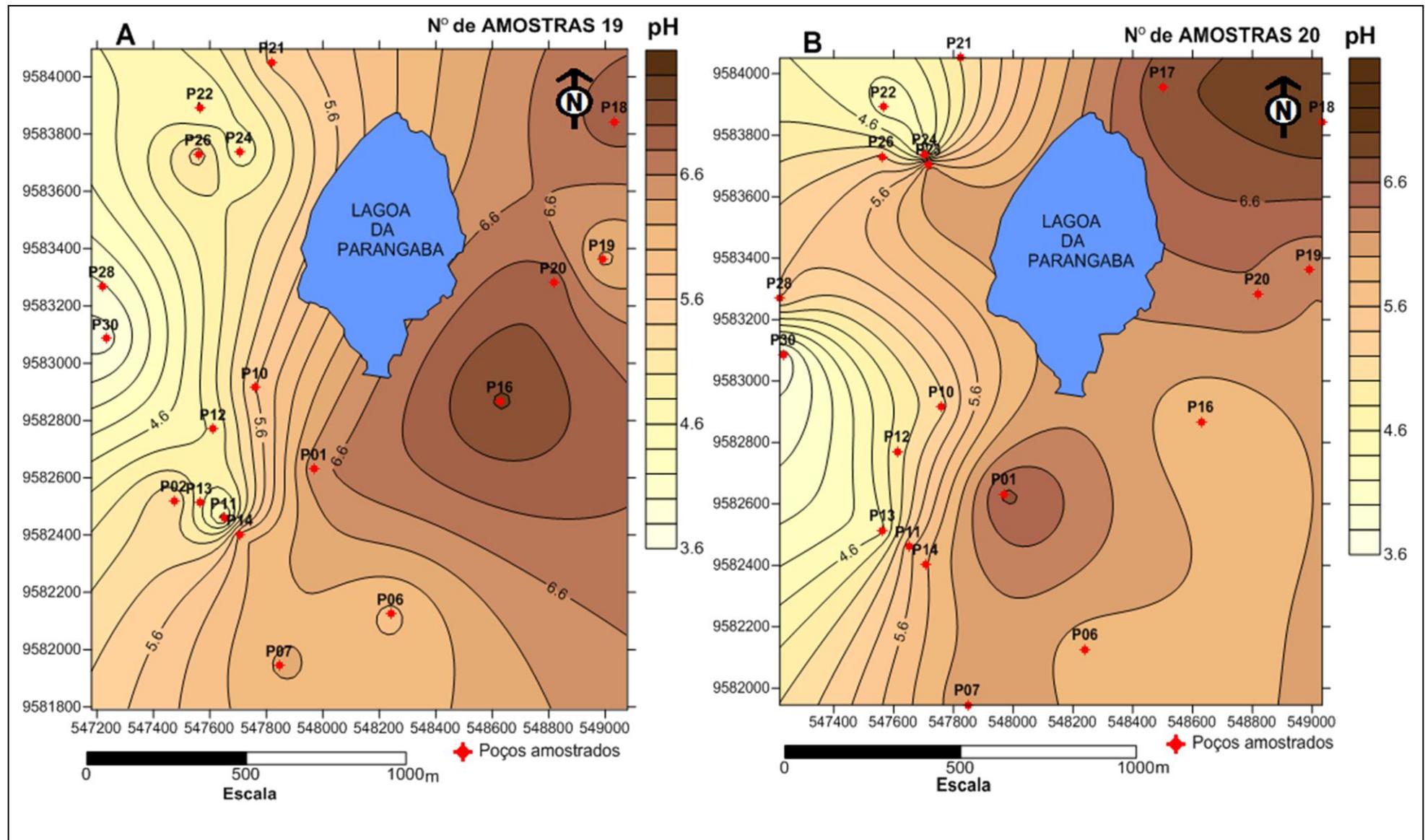


Figura 7.2 – (A) Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de pH no período de estiagem; (B) Variação de pH realizada no período chuvoso, realizado no entorno da Lagoa da Parangaba Fortaleza - CE

7.2.3. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica e, está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. Ela depende da concentração iônica e da temperatura na qual a medida é realizada. A condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração e esgotos.

Ela é considerada como um bom critério na avaliação do grau de mineralização da água, contribuindo para o estudo do efeito de diversos íons sobre o equilíbrio químico, sobre o sistema fisiológico das plantas e animais e sobre a taxa de corrosão, além de servir para verificar o grau de pureza das águas destiladas e deionizadas (FERNANDES, 2003).

Os valores de condutividade elétrica medidos em campo referentes ao período de estiagem (Apêndice B) variaram de 89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1390 $\mu\text{S}/\text{cm}$, média de 625 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C (Figura 7.3). No período chuvoso os valores oscilam de 99 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1054 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com média de 604 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25° C, não ocorrendo grandes mudanças na alternância de períodos (Figura 7.3).

A Portaria nº 2914/2011 do MS não estabelece padrões de potabilidade da água em relação à condutividade elétrica; no entanto da Lagoa da Parangaba, esse parâmetro pode indicar algum tipo de poluição. Os maiores valores referente à distribuição espacial da condutividade elétrica estão ao sul da área pesquisada, em ambos os períodos (Figura 7.4), constatando-se um aumento dos sais dissolvidos que podem refletir interferência antrópica na composição das águas subterrâneas locais e esses valores podem resultar da contribuição das fontes potenciais de poluição, haja vista que nesse local estão reunidas as principais fontes potenciais poluidoras.

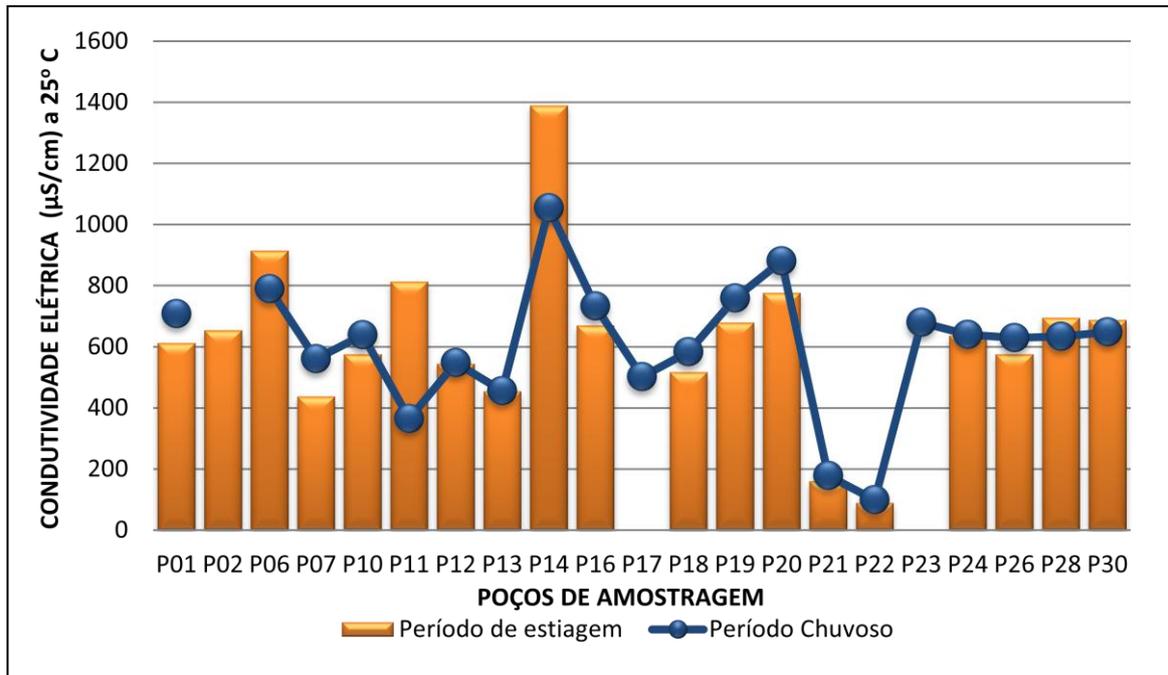


Figura 7.3 – Variação dos valores de condutividade elétrica no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro/2011) e (Junho/2012).

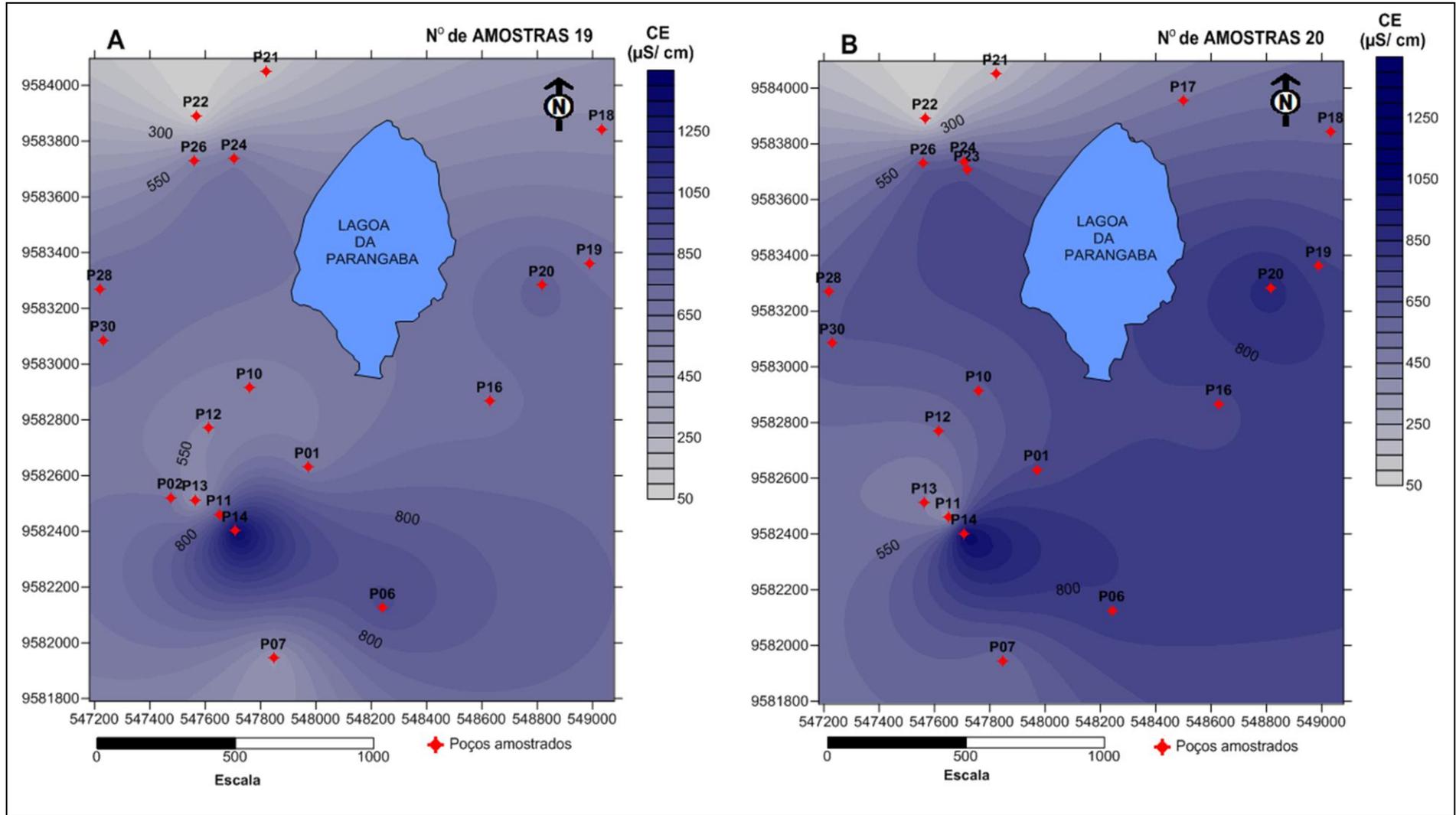


Figura 7.4 – Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de condutividade elétrica em ambos o período no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE. (A) representa o comportamento da distribuição espacial de CE em Outubro de 2011 e (B) refere-se à variação da distribuição espacial de CE em Junho de 2012.

7.2.4. Sólidos Totais Dissolvidos

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) representam o peso total dos constituintes iônicos presentes na água, por unidade de volume. Os dados de STD foram obtidos a partir da Equação 2.0, onde os valores de condutividade elétrica são multiplicados por uma constante 0,65 (SANTOS, 2000).

$$\text{STD} = \text{CE} (\mu\text{S/cm a } 25^{\circ}\text{C}) \times 0,65 \quad [\text{Equação 2.0}]$$

Assim, pode-se classificar as águas analisadas no período de estiagem como sendo 10% de baixa salinidade (64 a 160mg/L), 16% de média (160 a 480 mg/L) e 78% é considerada de alta salinidade (480 e 1440 mg/L), e as amostras apresentaram uma variação de 54 mg/L a 825mg/L, com média de 367 mg/L. (Figura 7.5). No período chuvoso as águas comportam-se com 5% de “baixa salinidade”, 15% de “média salinidade” e 80% são consideradas de “alta salinidade”, oscilando de 81 mg/L a 639 mg/L com média de 379 mg/L (Figura 7.5).

Ressalta-se que os valores das amostras em ambos os períodos estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do MS, onde o valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L, ou seja, toda as águas encontram-se dentro do aceitável, podendo ser usadas para consumo humano, e potencialmente para atividades de irrigação e recreação.

Os valores dos Sólidos Totais Dissolvidos tem relação direta com os valores da condutividade elétrica (CE) e com base nesses dados foi elaborado um gráfico que demonstra essa correlação, onde o valor do r^2 explica 95,69% de aumento do STD com a variação da CE (Figura 7.6).

Com relação à distribuição espacial da variação de STD, os maiores teores estão localizados na porção sul da área, em ambos os períodos e entende-se que os maiores valores são influenciados potencialmente, por efluentes oriundos de fontes de contaminação presentes na área (Figura 7.7).

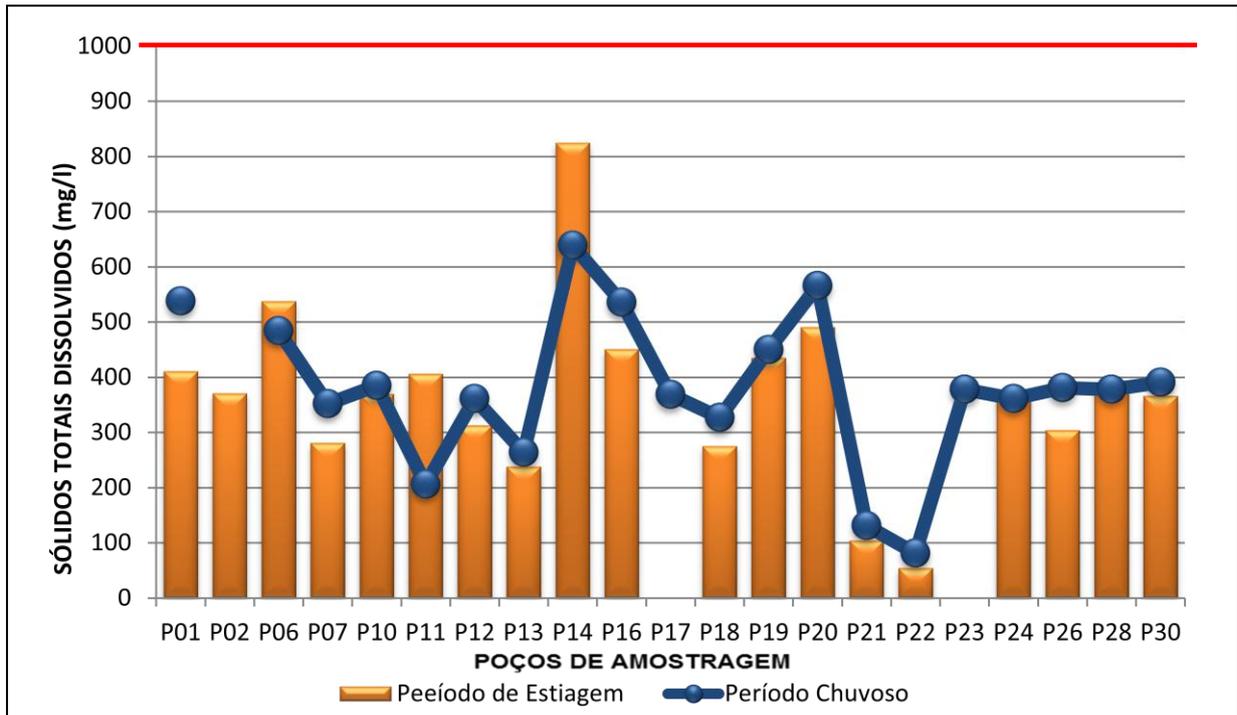


Figura 7.5 – Variação dos valores de STD das águas subterrâneas no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE. Referentes ao período de estiagem (Outubro de 2011) e no período chuvoso (Junho 2012) (Linha vermelha representa o valor máximo de potabilidade da Portaria 2914 do MS de 2011).

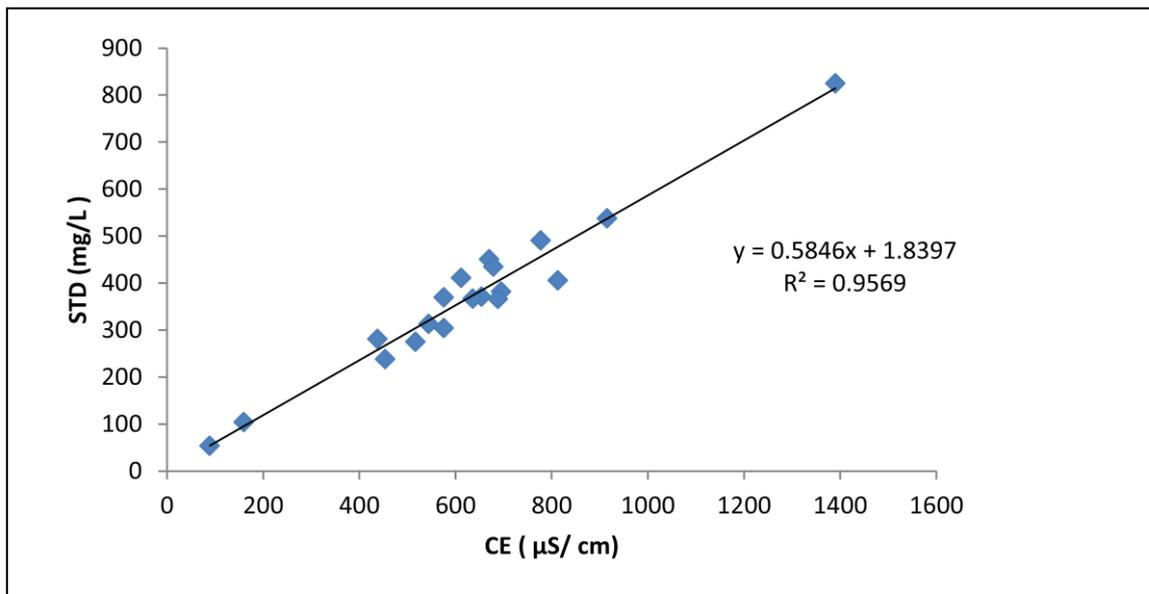


Figura 7.6 - Relação entre a condutividade elétrica e os Sólidos Totais Dissolvidos

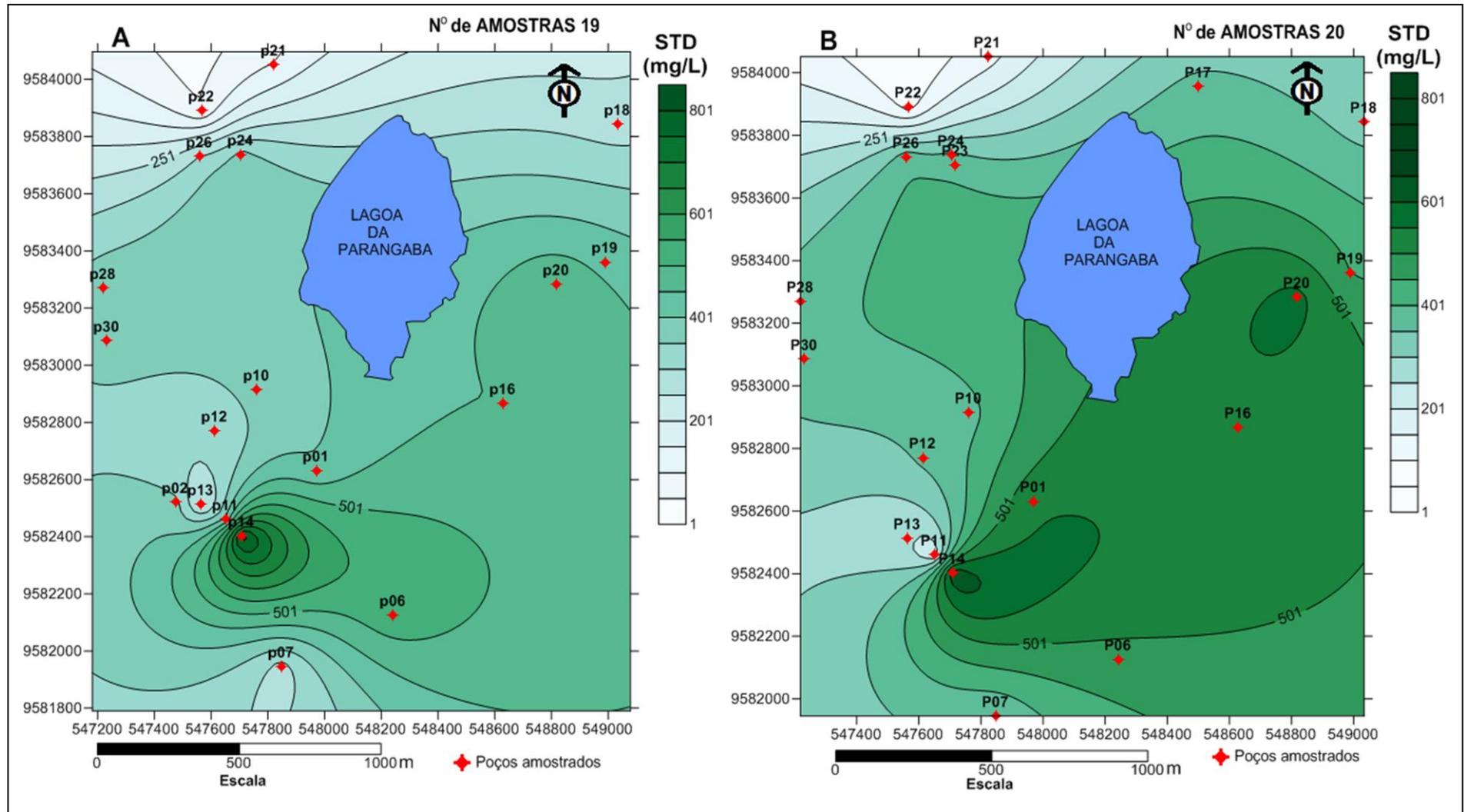


Figura 7.7- Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de STD no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza – CE (A- Outubro de 2011 e B-Junho 2012).

7.2.5. Turbidez

A turbidez de uma água é definida como a dificuldade da mesma transmitir a luz e está associada aos sólidos em suspensão, ou seja, é a presença de partículas, a exemplo de argila e areia, que retiram o aspecto cristalino do fluido, deixando-o com uma aparência túrbida e opaca. A determinação da turbidez foi feita através de um turbidímetro do Laboratório de Geologia Marinha do Departamento de Geologia da UFC.

Os valores de turbidez no período de estiagem nas águas subterrâneas da área oscilam de 2,6 a 28 UNT, com média de 7,9 UNT, enquanto que no período chuvoso a variação é de 4,9 a 17,2 UNT, com média de 6,9 UNT. Na estiagem foi observado que a concentração de turbidez em 18 amostras apresentaram valores acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde (Valor Máximo Tolerável de 5,0 UNT), enquanto que no período chuvoso, apenas a amostra P30 está dentro do padrão de potabilidade sugerido pela portaria, com um valor de 4,9 UNT, muito próximo do limite estabelecido pela VMT (Figura 7.8).

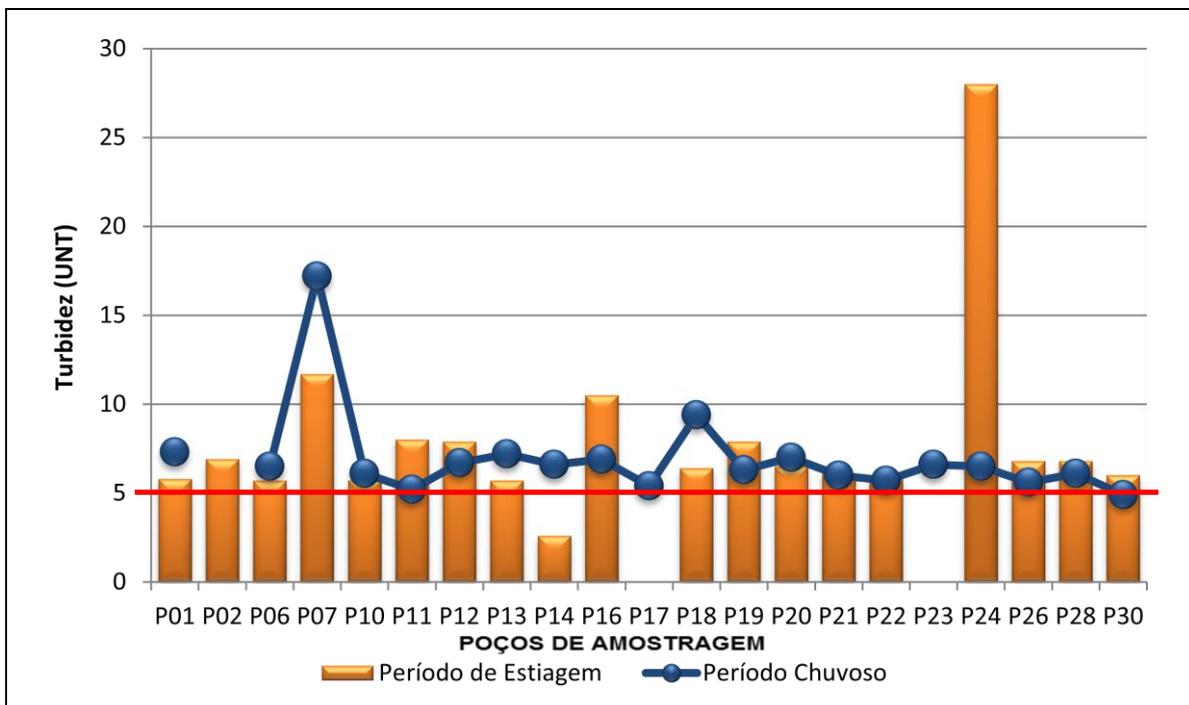


Figura 7.8 – Variação dos valores de turbidez das águas subterrâneas no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE, no período de estiagem (Outubro de 2011), e no período chuvoso (Junho de 2012) (Linha vermelha representa o Valor Máximo Permissível para padrão de potabilidade da Portaria 2914/2011 do MS).

Em relação à distribuição espacial da turbidez no período de estiagem, ocorre a maior concentração na porção noroeste localizada próximo à margem da Lagoa (Figura 7.9), entendendo-se que nessa região, por apresentar grande declividade e o aquífero principal ser sedimentar, ocorre maior transporte das partículas, refletindo nos resultados de turbidez. O clima da região com precipitações irregulares também contribui com as partículas em suspensão, pois diminuem o volume d'água não ocorrendo à diluição dessas partículas. Nas margens da lagoa ocorre a maior deposição sedimentar causada pelo assoreamento que pode interagir com as partículas em suspensão na água, enquanto que no período chuvoso os maiores valores concentram-se na porção sul da área, nessa região corresponde à área mais baixa da região pesquisada, ocorre maior acúmulo de partículas nessa porção.

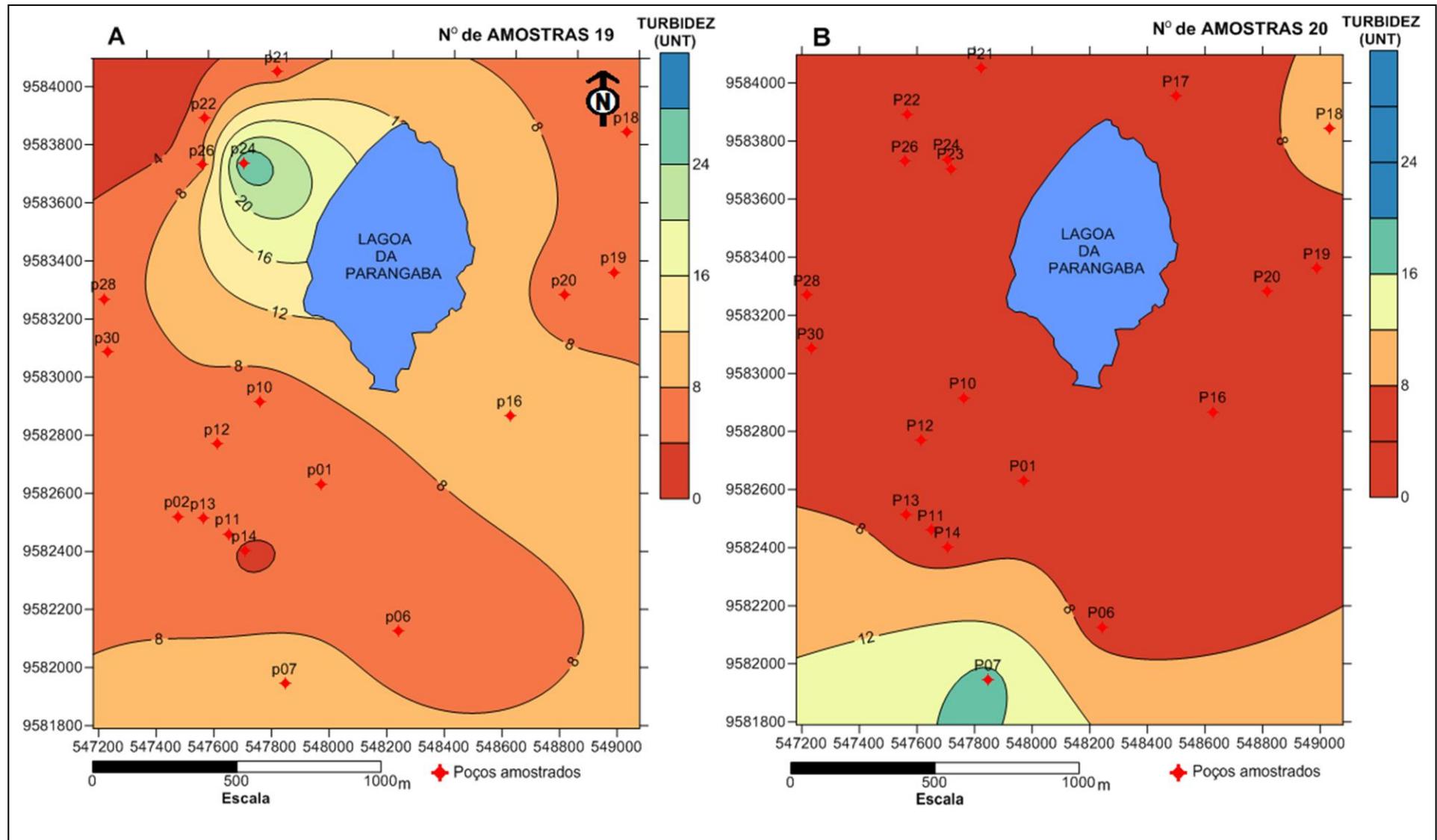


Figura 7.9 - Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de Turbidez no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Outubro de 2011 e B-Junho de 2012).

7.2.6. Sílica (SiO₂)

A sílica é um dos compostos químicos mais comuns. Cristais de SiO₂ são encontrados na natureza em três formas polimórficas, o mais comum dos quais é o quartzo (SiO₂). É insolúvel em água, pouco solúvel em álcalis e solúvel em ácido fluorídrico diluído. Ela ocorre sob várias formas e é amplamente distribuído e abundante em toda a terra, no estado puro e em silicatos, por exemplo, em ágata, ametista, calcidônia, sílex, jaspe, ônix e quartzo cristal de rocha.

Os valores de sílica na água subterrânea nos pontos de amostragem no período de estiagem oscilaram de 2 a 10 SiO₂, com média de 4,3 SiO₂, enquanto que no período chuvoso os valores variam de 2 a 27 SiO₂, com média de 6,3 SiO₂ (Figura 7.10). A Portaria 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde não estabelece padrão de potabilidade para SiO₂.

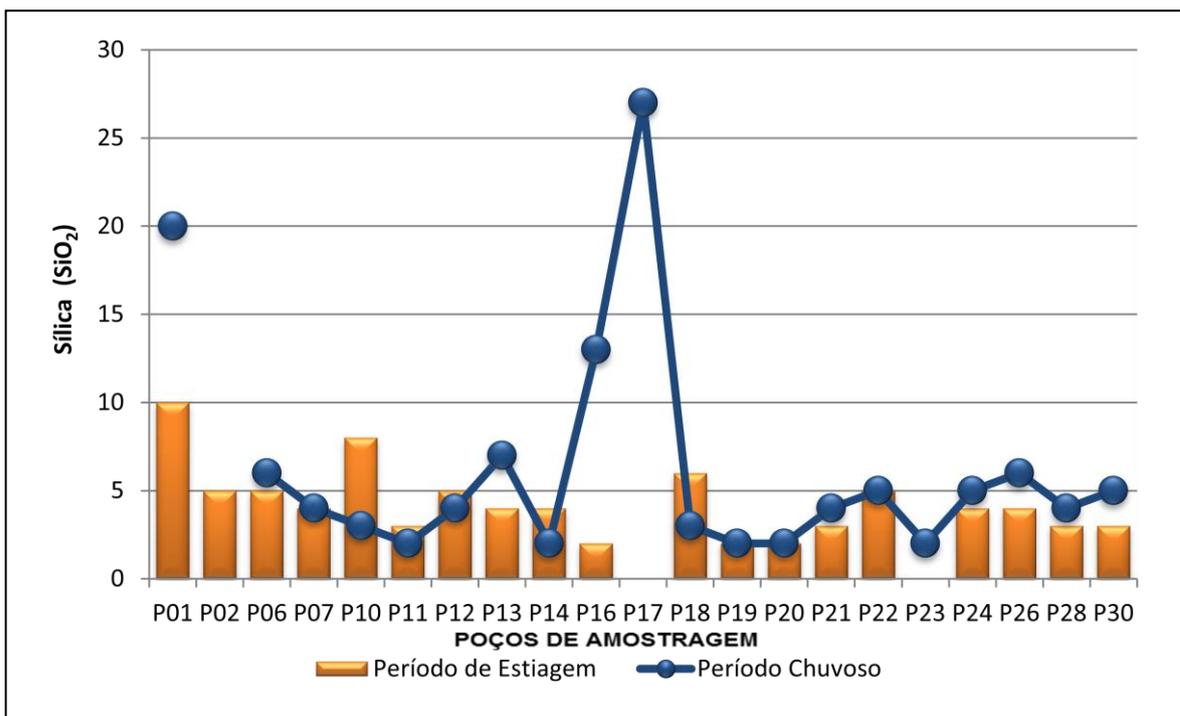


Figura 7.10 – Variação dos valores de sílica no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho 2012).

A distribuição espacial da concentração de sílica está concentrada na porção sudoeste da área no período de estiagem, enquanto que no período chuvoso apresenta um comportamento um pouco diferente concentrando-se também na porção norte. (Figura 7.11).

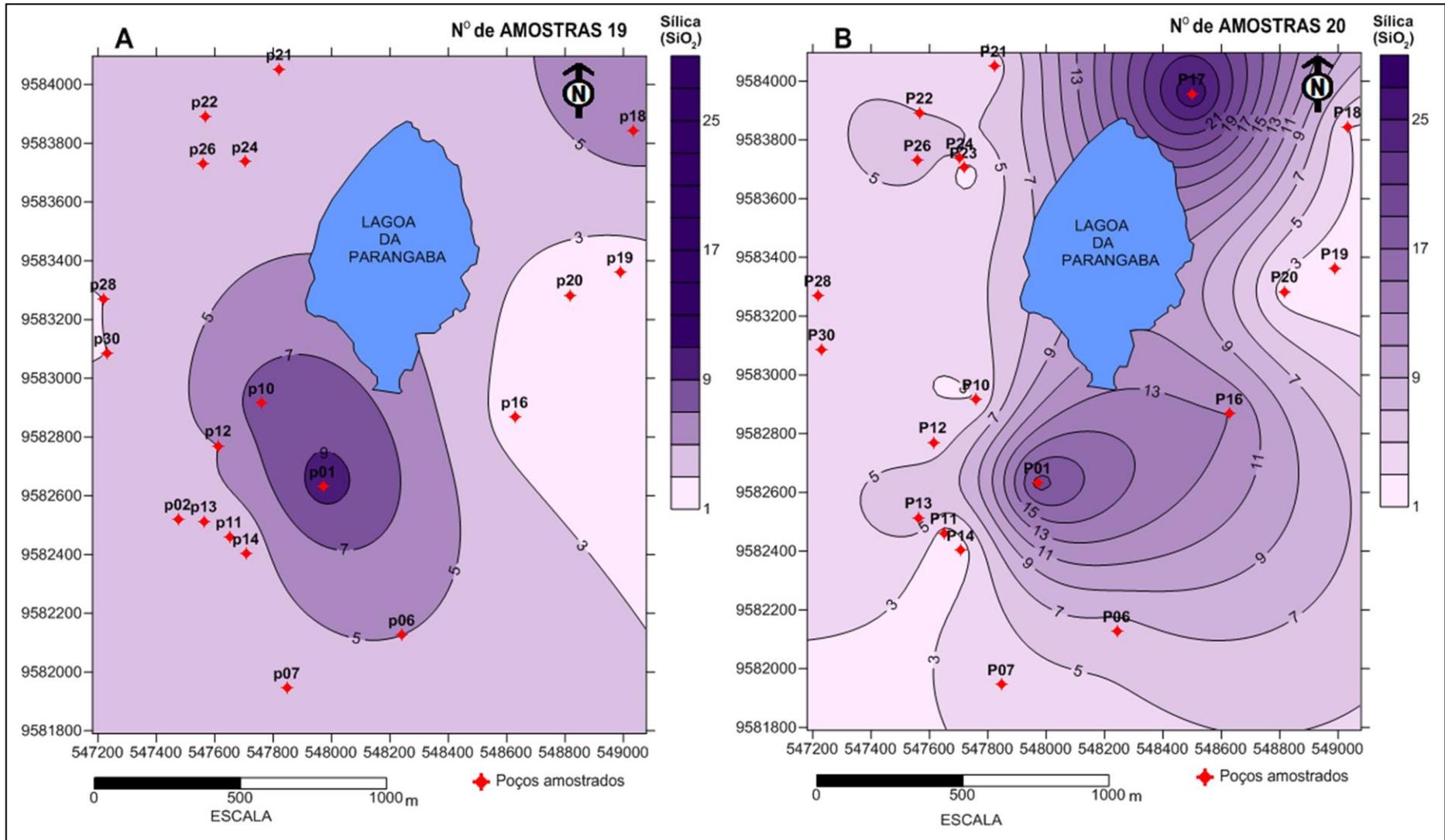


Figura 7.11- Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de sílica no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Outubro de 2011 e B-Junho de 2012).

7.2.7. Cloreto

O cloreto está presentes em toda a água subterrânea e é resultante da dissolução de sais com íons Cl^- ; a água da chuva, por exemplo, tem presença insignificante de cloreto (menos de 1%), exceto em regiões próximas ao litoral, onde esse valor pode aumentar. De um modo geral, a presença de cloreto tem origem na dissolução de minerais, e elevados teores tornam a água desagradável ao consumo.

Segundo a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o Valor Máximo Tolerável é de 250 mg/L; as amostras dos pontos de amostragens P02, P06, P11 e P14 no período de estiagem apresentaram valores acima do padrão permitido, enquanto no período chuvoso todos os valores estão dentro do padrão de potabilidade estabelecidos pela portaria. Os valores de cloreto, no período de estiagem, oscilou de 19 a 408 mg/L, com média de 147,5 mg/L, enquanto no período chuvoso varia de 21 a 236 mg/L, com média de 108.8 mg/L (Figura 7.12).

De acordo com o mapa de isolinhas (Figura 7.13), em ambos os períodos os valores de cloreto estão com uma maior concentração na porção sudoeste, que se relacionam com as maiores concentrações de condutividade elétrica e de STD; os elevados valores deste elemento também são bons indicadores de ocorrência de poluição, principalmente de aterros sanitários e lixões, porém a área de estudo não possui esse tipo de fonte de contaminação, entendendo-se que os elevados valores de cloreto podem estar relacionados à proximidade como o Oceano Atlântico.

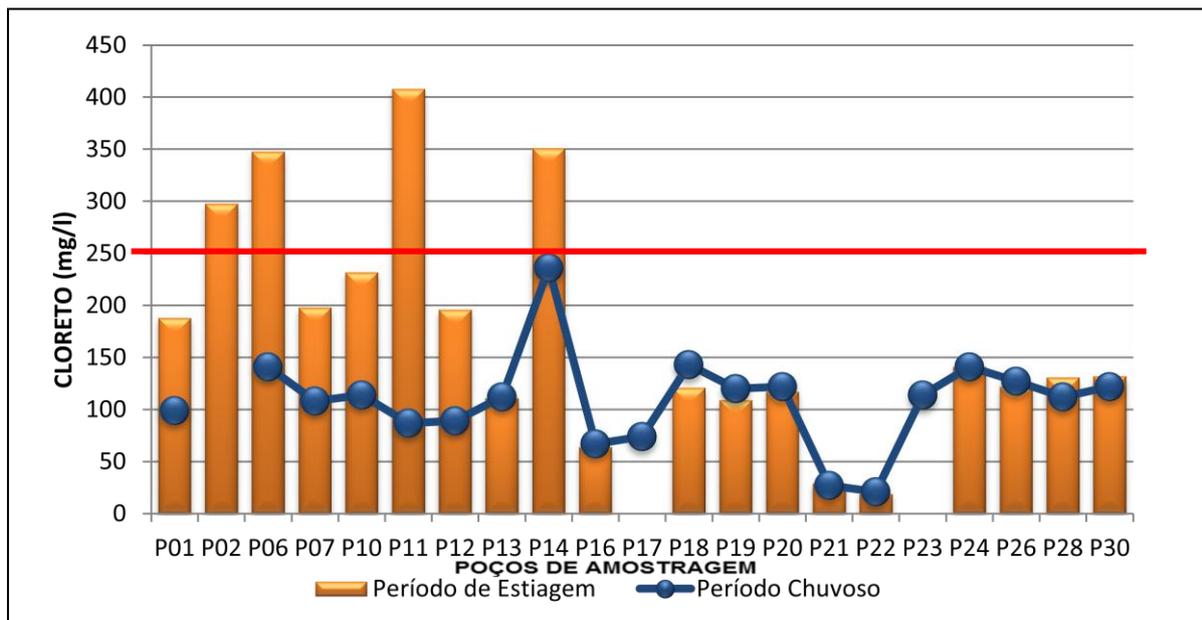


Figura 7.12 – Variação dos valores de cloreto no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012) (Traço vermelho representa os valores máximos toleráveis estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do MS).

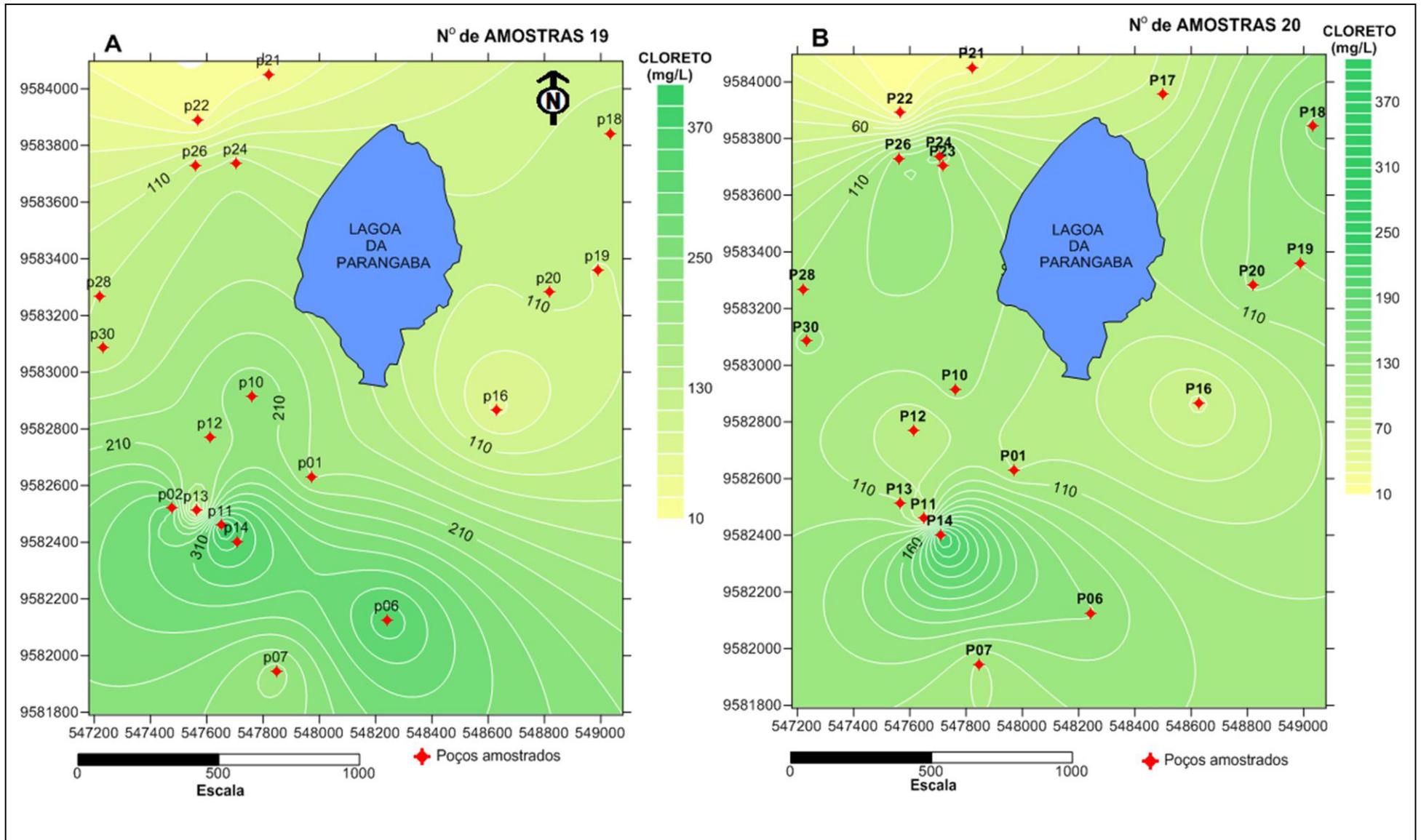


Figura 7.13- Distribuição espacial da variação dos valores de cloreto no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A-Outubro de 2011 e B-Junho de 2012).

7.2.8. Sódio

O íon de sódio provém do intemperismo de minerais de rochas ígneas e metamórficas, principalmente dos feldspatos. Além disso, o sódio é o metal alcalino mais abundante nas águas subterrâneas, predominando com algumas características a exemplo da distribuição ampla nos minerais, baixa estabilidade química dos minerais que o contêm e alta solubilidade e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução.

No período de estiagem, o sódio oscilou de 7 e 184 mg/L, com média em torno de 63,05 mg/L; em relação ao período chuvoso os valores variam de 20 a 115 mg/L, com uma média de 67,3 mg/L (Figura 7.14). Todas as amostras apresentaram valores que se enquadram nos valores sugeridos pela Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde, que propõe o Valor Máximo Tolerável de 200 mg/L.

Com relação à distribuição espacial do sódio, observa-se um comportamento semelhante aos demais íons, concentrando-se na porção sudoeste da área em ambos os períodos (Figura 7.15).

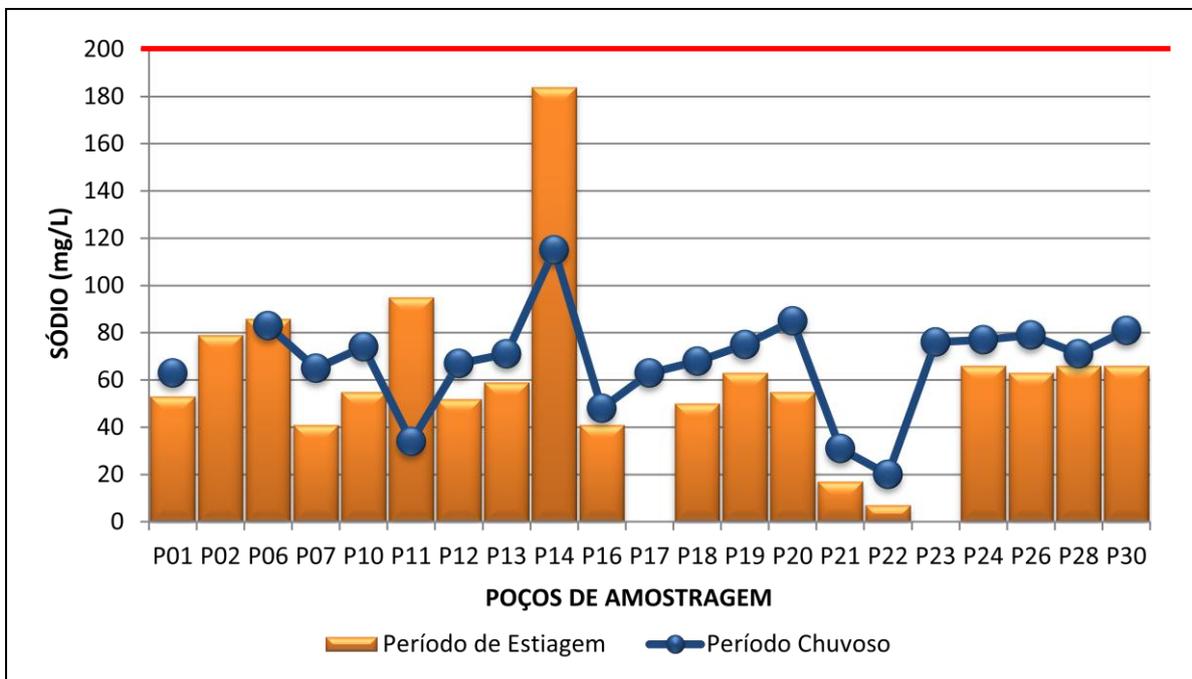


Figura 7.14 – Variação dos valores de sódio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012), (Linha vermelha representa o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914/2011 do MS).

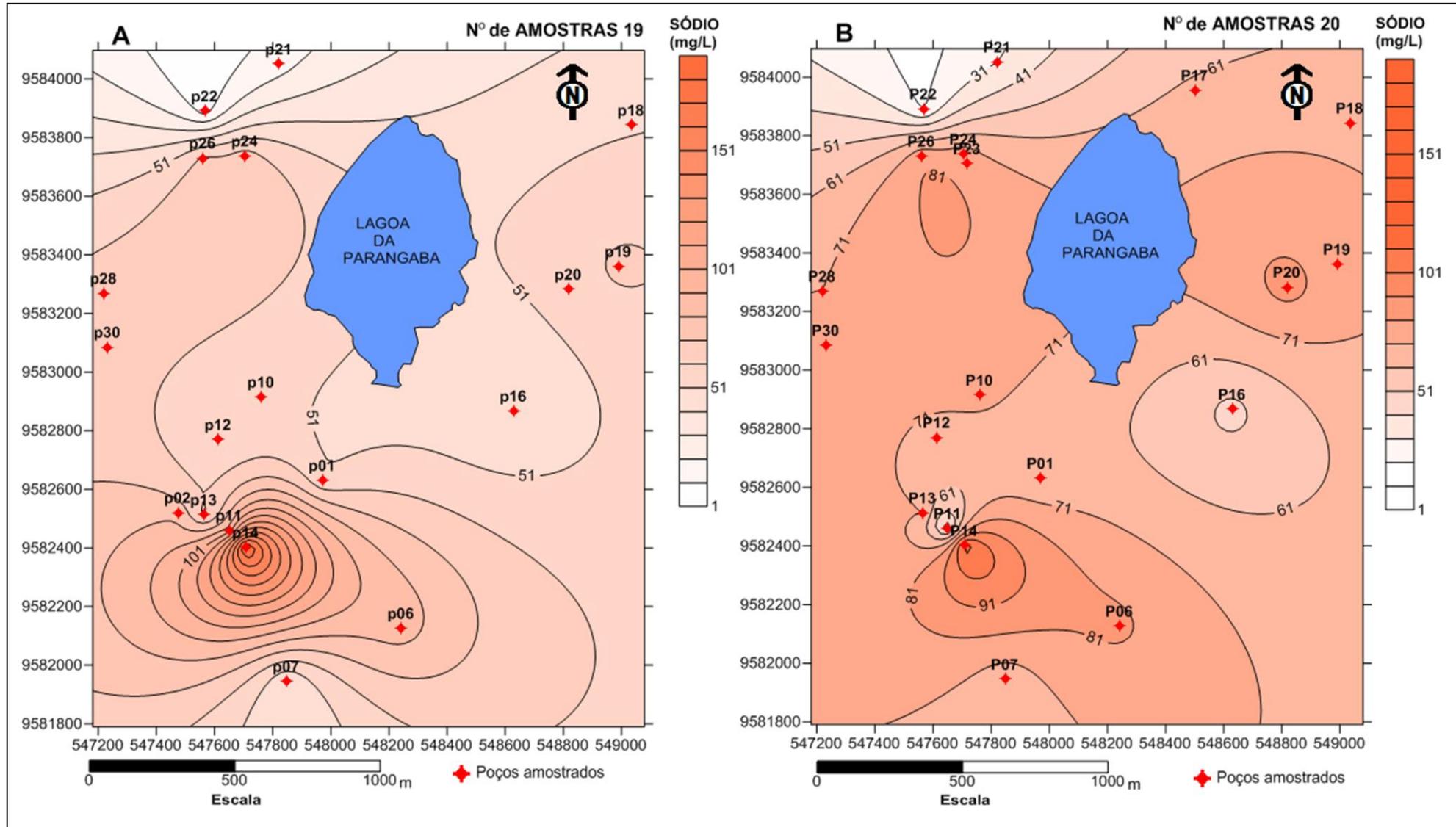


Figura 7.15 - Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de sódio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A-Outubro de 2011 e B-Junho de 2012).

7.2.9. Potássio

O potássio é um dos metais alcalinos que ocorre em pequenas quantidades 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 ou serem usados pelos vegetais. A presença de potássio é também muito importante para o consumo humano, pois regula os batimentos cardíacos, controla os impulsos nervosos e as concentrações musculares (SANTOS, 2000).

A sua ausência provoca fadiga, ausência de açúcar no sangue e insônia (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983 *apud* SANTOS, 2000). A Portaria nº 2914 /2011 do MS não estabelece limites de potabilidade para o potássio, e as águas coletadas no período de estiagem possuem concentrações oscilando de 2 e 22 mg/L, com média em torno de 8,3 mg/L e no período chuvoso ocorre uma variação de 7 a 41 mg/L , com média em torno de 24,4mg/L (Figura 7.16).

As concentrações mais elevada de potássio estão localizados na porção sul em ambos os períodos ilustrado nos mapas de isovalores (Figura 7.17).

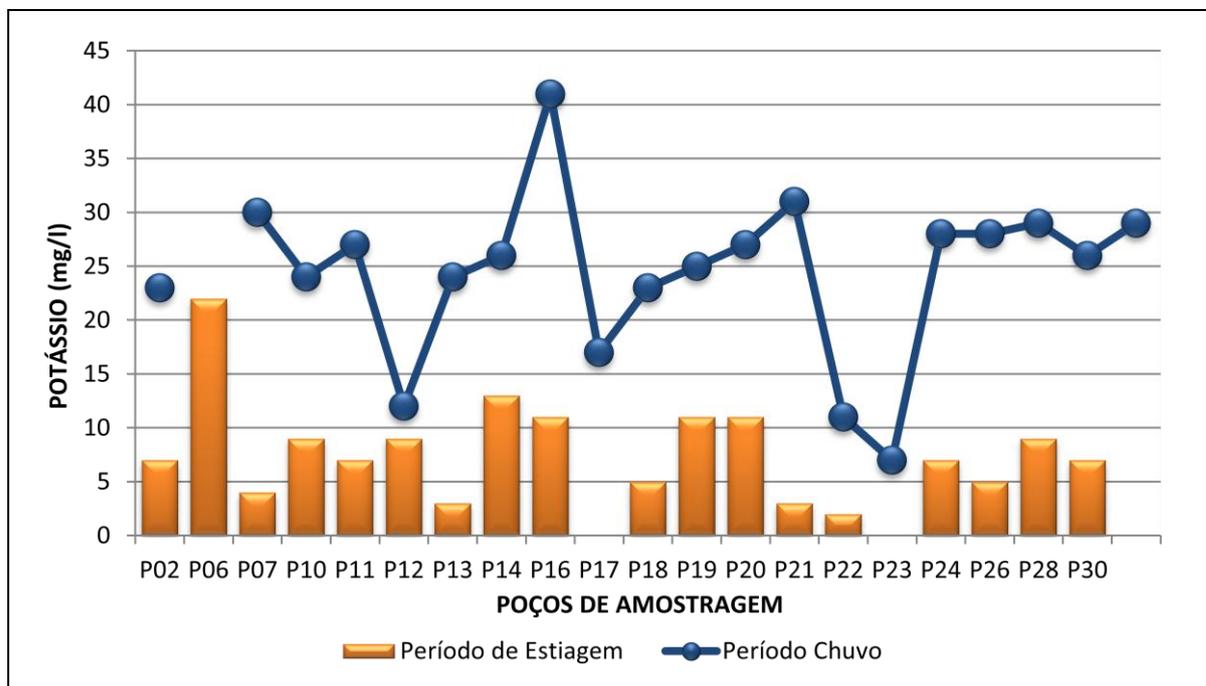


Figura 7.16 - Distribuição espacial da variação dos valores de potássio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012).

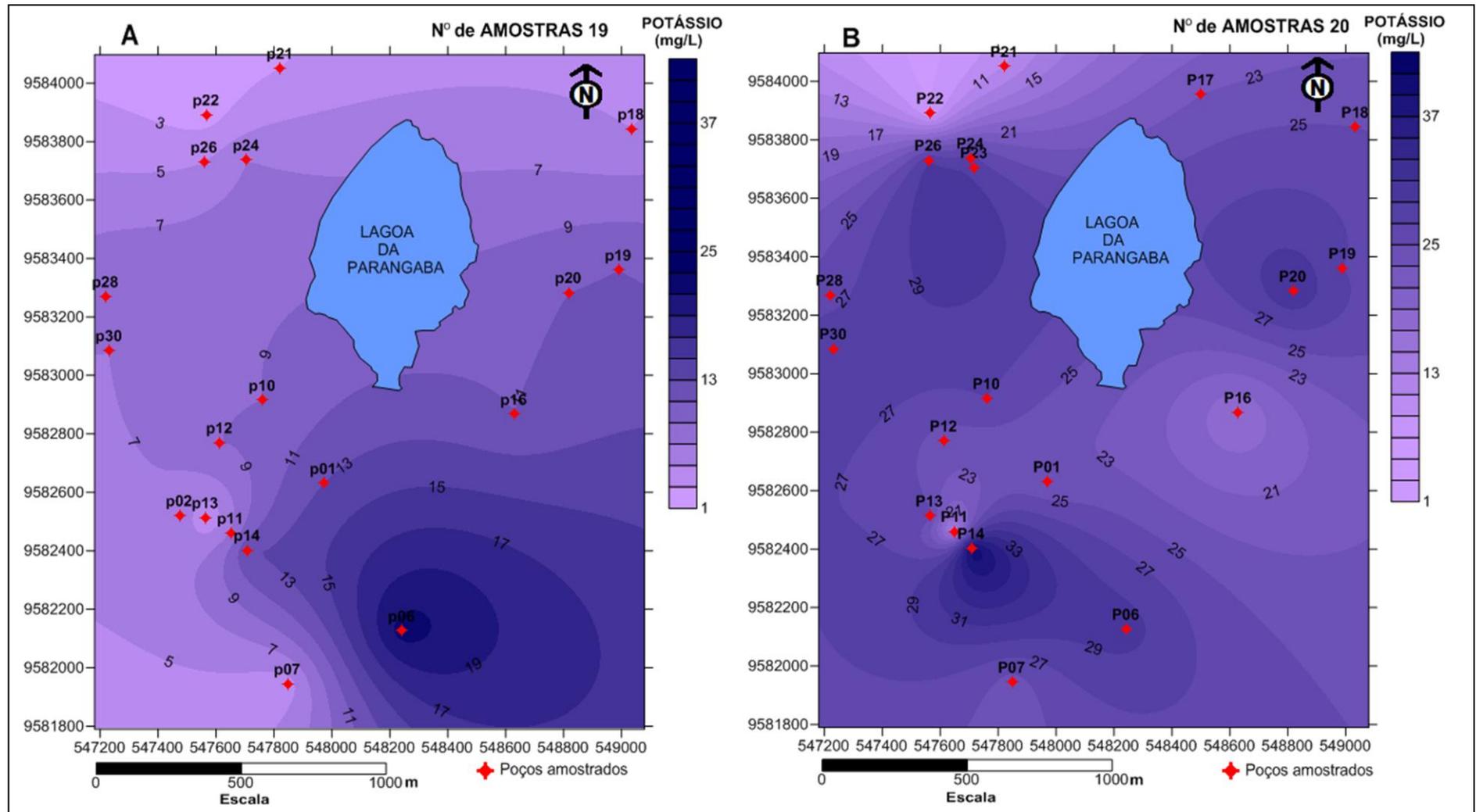


Figura 7.17- Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de potássio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Outubro de 2011 e B-Junho de 2012).

7.2.10. Cálcio

O cálcio é considerado um dos elementos mais abundantes na maioria das águas e rochas, possuindo moderada a elevada solubilidade e sendo comum se precipitar como carbonato de cálcio (CaCO_3), principal responsável pela dureza da água (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983 *apud* SANTOS, 2000).

A concentração de cálcio tem a função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar impulsos nervosos e as contrações musculares. Em grandes quantidades pode causar dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjoo e pedras nos rins e sua ausência pode provocar raquitismo e osteoporose (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983 *apud* SANTOS, op.cit). A concentração desse elemento na água nos pontos de amostragem no período de estiagem oscilaram de 1 a 50 mg/L , com média de 17 mg/L, e no período chuvoso varia de 0 à 53 mg/L, como uma média de 18,5 mg/L (Figura 7.18). A Portaria nº 2914/2011 do MS não estabelece limite de potabilidade para este elemento. A distribuição espacial da concentração de cálcio na área pesquisada apresenta uma concentração maior na porção sudeste em ambos os períodos (Figura 7.19).

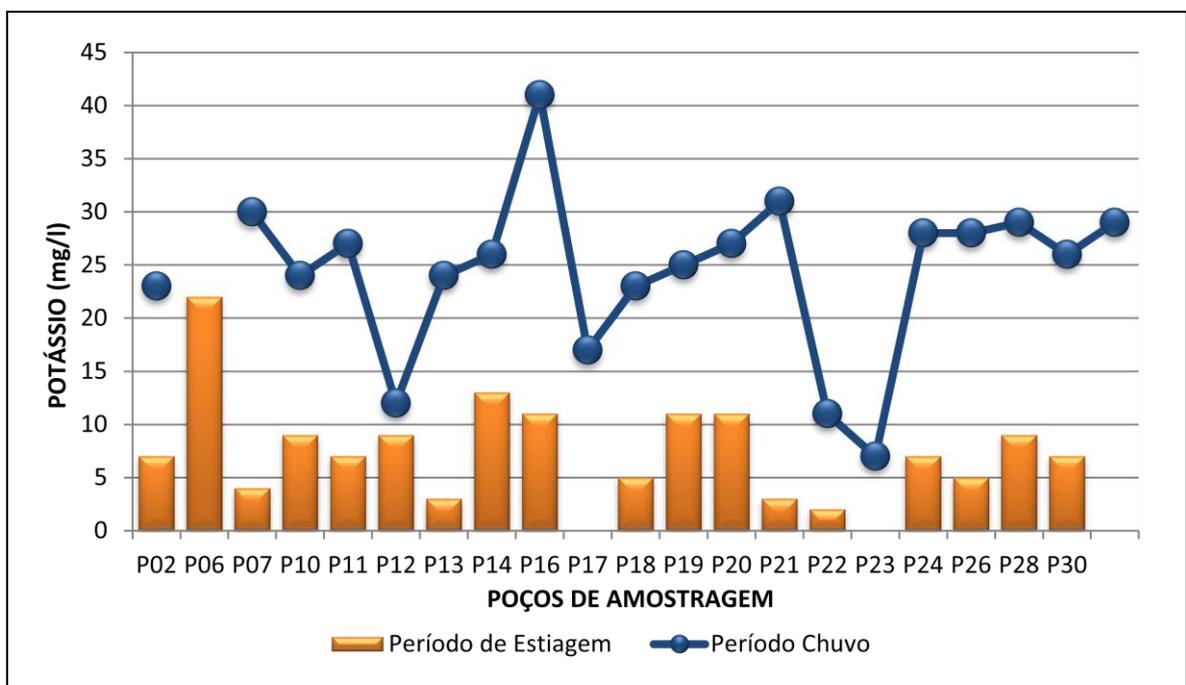


Figura 7.18 – Variação dos valores de cálcio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012).

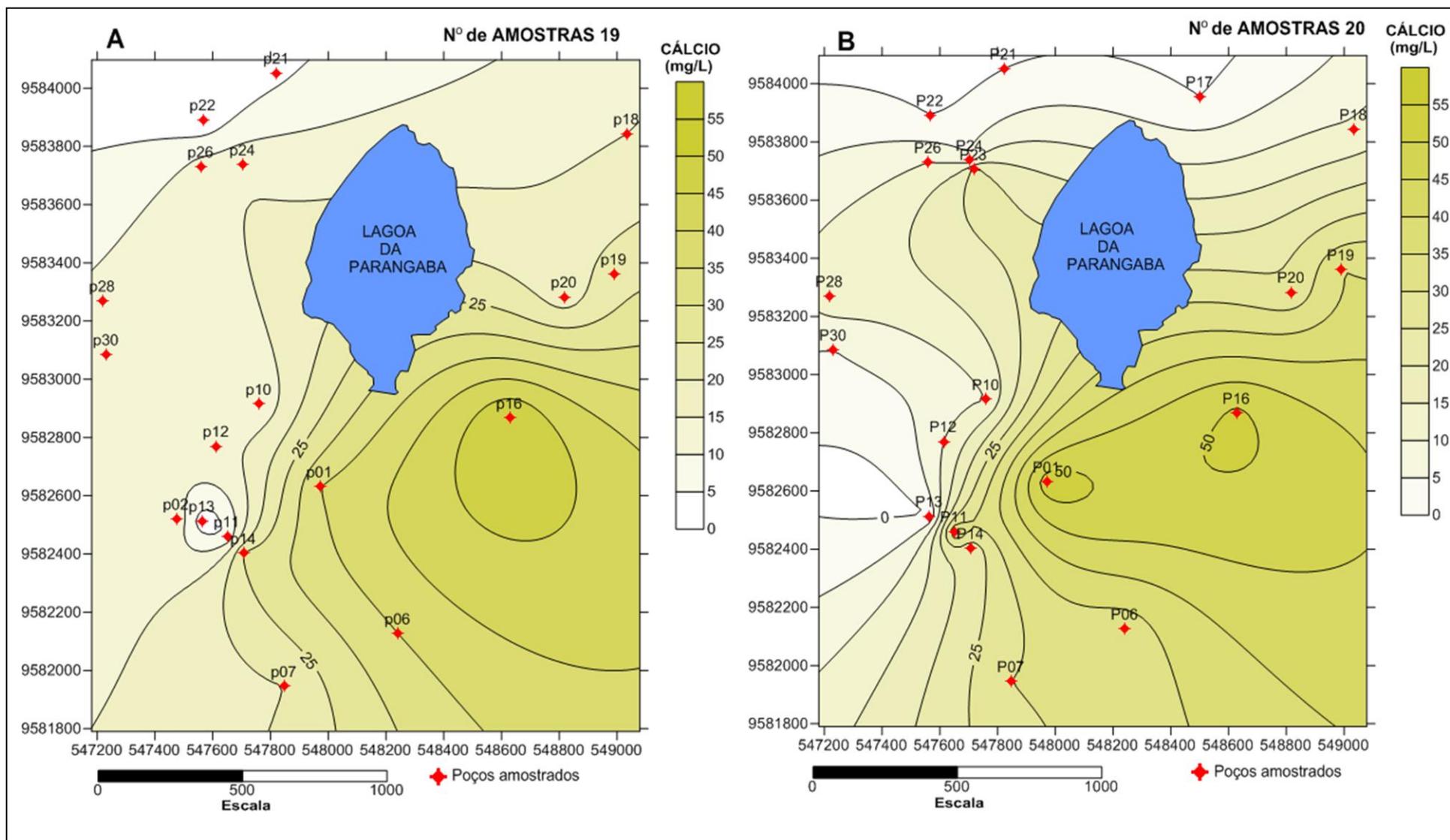


Figura 7.19 - Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de cálcio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Outubro de 2011 e B-Junho de 2012).

7.2.11. Magnésio

O magnésio apresenta propriedades semelhantes ao cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar. Tem a função de converter o açúcar em energia, além de ser necessário para o bom funcionamento dos nervos e músculos. Sua carência pode provocar nervosismo e tremores e em excesso pode provocar distúrbios intestinais (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983).

A concentração desse elemento no período de estiagem oscilaram de 3 a 39 mg/L, com média de 16,9 mg/L, enquanto que no período chuvoso os valores variam de 1 a 38 mg/L, com média de 16,5 mg/L (Figura 7.20). A Portaria 2914/2011 MS não estabelece limites de concentração para potabilidade do magnésio.

A distribuição espacial desse elemento no período de estiagem quanto no chuvoso mostram-se concentrados em duas porções, a primeira a nordeste ao lado da lagoa e a segunda na faixa sudoeste da área de pesquisa (Figura 7.21).

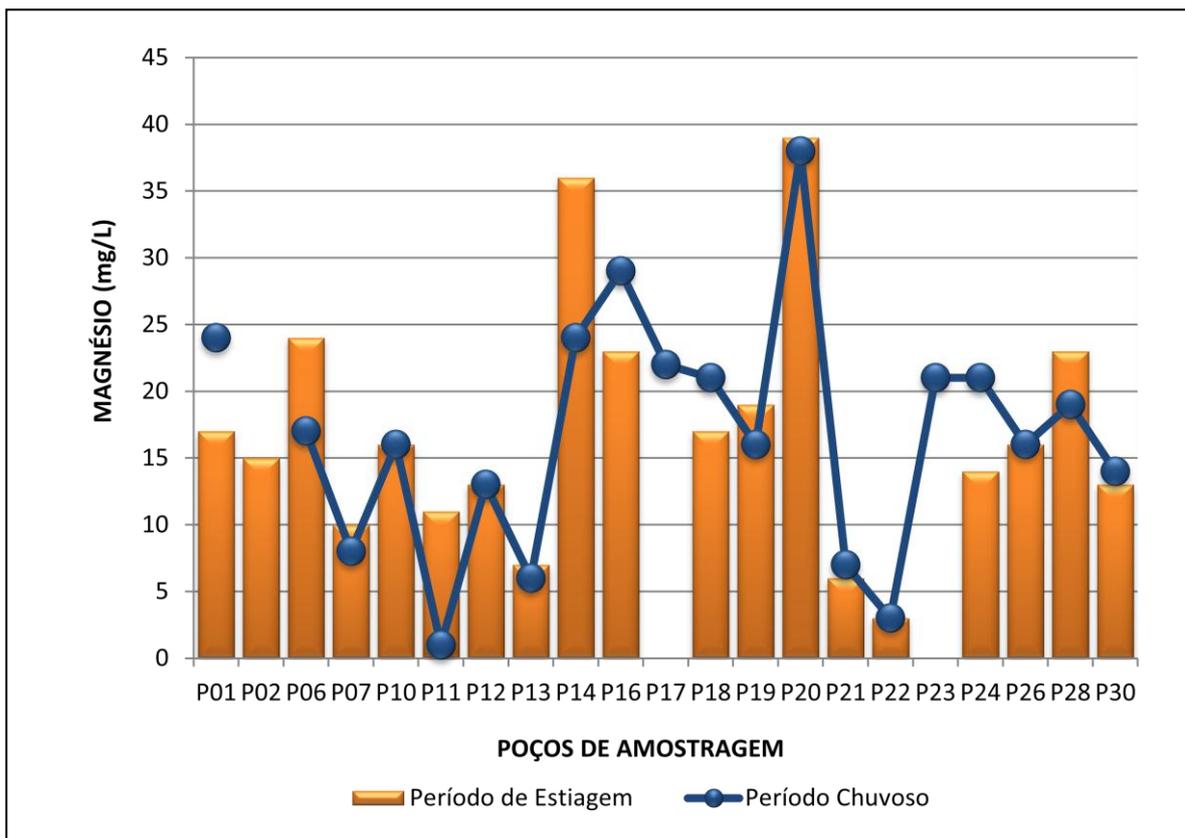


Figura 7.20 - Variação dos valores de magnésio no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012).

7.2.12. Sulfato

O sulfato representa sais moderadamente solúveis a muito solúveis. Altas concentrações desse elemento podem provocar efeitos laxativos e na presença de íons de magnésio e sódio pode causar distúrbios gastrointestinais (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983, *apud* SANTOS, 2000). Foi constatado que no período de estiagem as concentrações oscilam de 4 a 91 mg/L, média de 32 mg/L, e no período chuvoso os valores variam de 1 a 210 mg/L, com média de 46,36 mg/L (Figura 7.22) e, segundo a Portaria N° 2914 do Ministério da Saúde, todas as amostras estão dentro do padrão de potabilidade (250 mg/L).

O mapa de isolinhas da concentração de sulfatos mostra que a maior concentração do sulfato encontra-se na porção sudeste da área em ambos os períodos. (Figura 7.23).

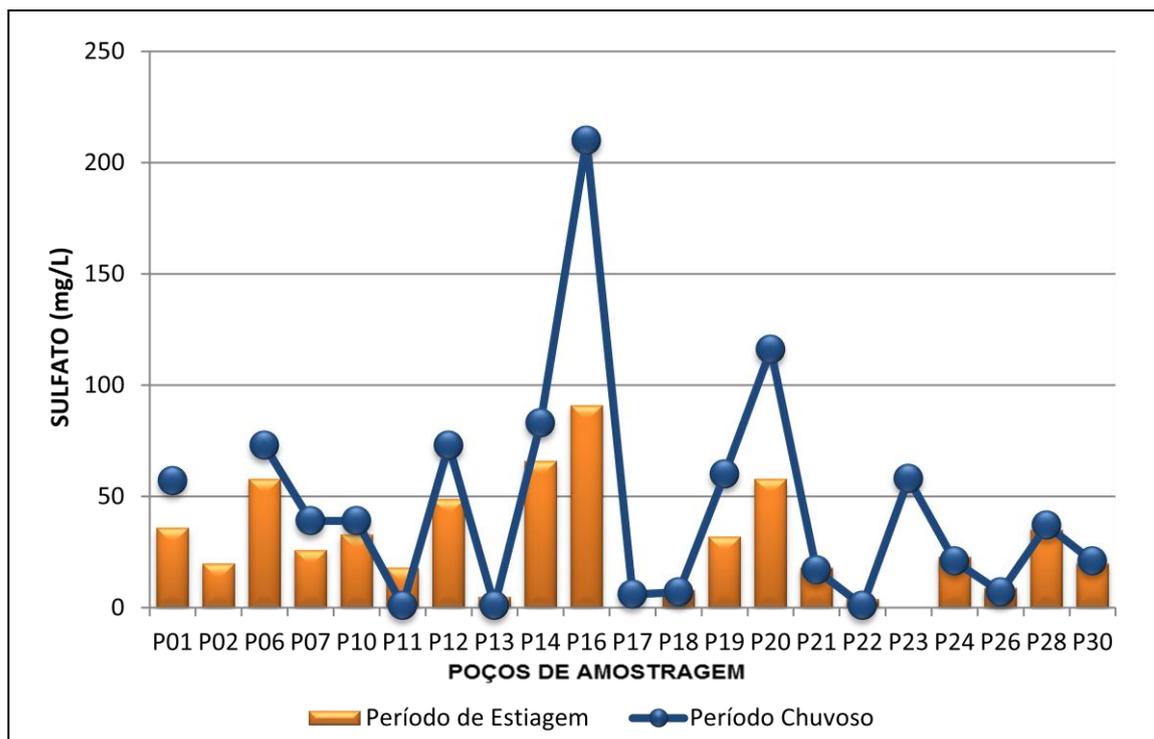


Figura 7.22- Variação das concentrações de sulfato no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012).

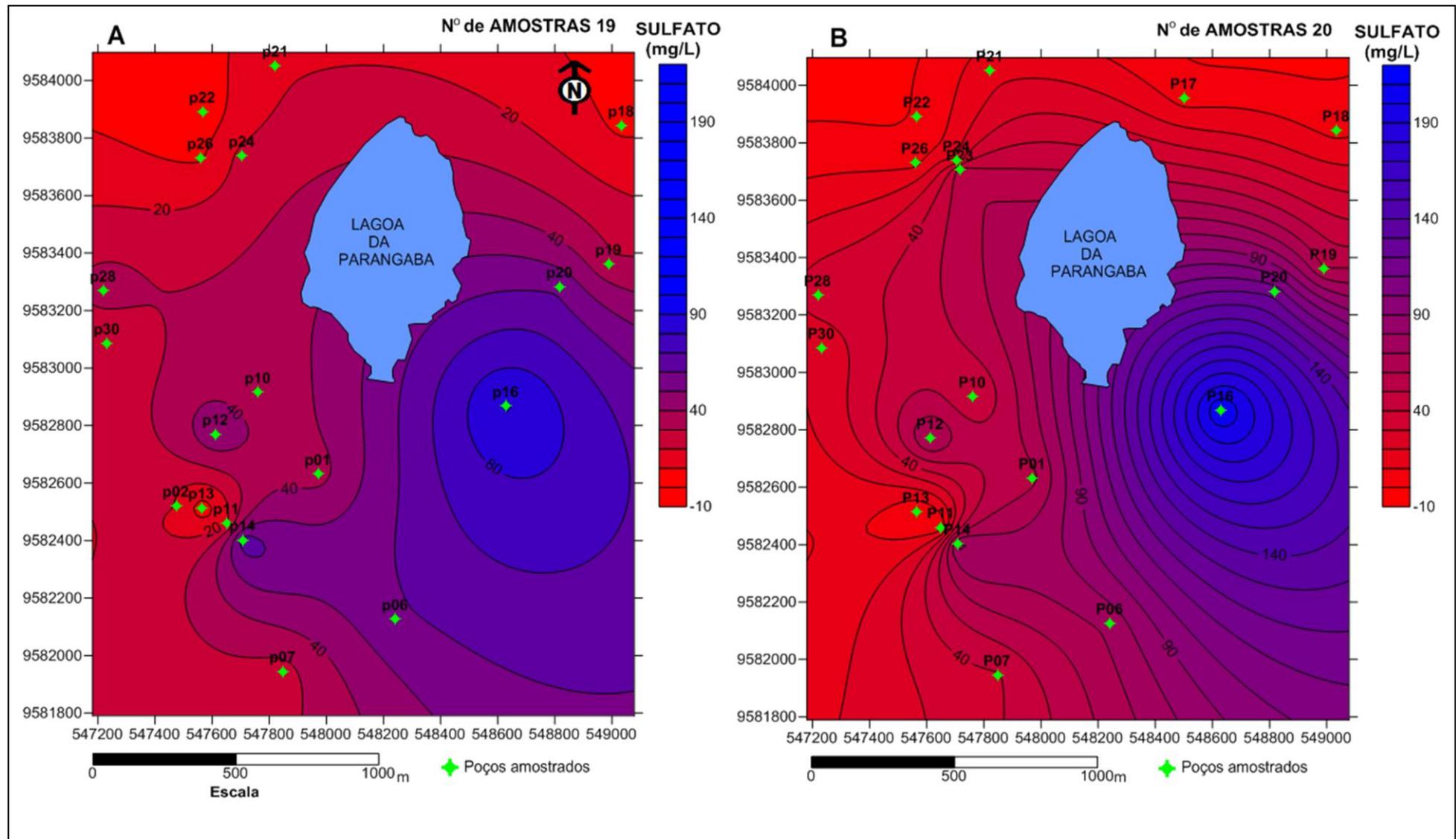


Figura 7.23- Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de sulfeto no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Período de estiagem coleta realizado em Outubro de 2011 e B- Período chuvoso coleta efetuada em Junho de 2012).

7.2.13. Ferro

Apesar de ser o elemento mais abundante na natureza, o ferro aparece frequentemente com baixos teores em águas subterrâneas. Esse elemento está contido na água subterrânea causa incrustações nas tubulações, nos filtros dos poços e no sistema de bombeamento; outra característica que desempenha na água é o sabor, apresentando um gosto metálico e podendo causar manchas em roupas, louças, pavimentos e, no geral, tudo com que entre em contato, mesmo quando presente em pequenas quantidades, ou seja, a partir de 0,3 mg/L de Fe. O ferro quando presente na água, mesmo em níveis reduzidos, pode favorecer o crescimento de bactérias – *Iron Bacteria* (ferrobactérias). Microorganismos como a *Crenothrix*, *Leptothrix* e *Gallionella*, utiliza no seu metabolismo o ferro, oxidando-o, da sua forma ferrosa (Fe^{2+}), a férrica (Fe^{3+}). O ferro funciona como aceitador de elétrons no processo da respiração (MILLICHAP, 1995).

Embora não sejam patogênicos, o desenvolvimento destes microrganismos resulta na formação de uma película de textura gelatinosa, que provoca incrustações em tubos e transmite à água um gosto desagradável. Devido à sua natureza representa uma das formas de ferro mais difíceis de remover e controlar.

Tal como na sua forma férrica e orgânica, também este elemento está na forma coloidal poder ser observado numa amostra de água. Este permanece em suspensão, conferindo à água uma coloração rosa-avermelhada. Estando normalmente muito disperso na água apresenta uma densidade específica idêntica à da água. As partículas de ferro coloidal podem, por vezes, estar associadas a presença de sílica e apresentam ligeira carga negativa. Em águas para abastecimento municipal e industrial este problema é normalmente solucionado adicionando um coagulante como o sulfato de alumínio, passando posteriormente por um sistema de filtração (MILLICHAP, 1995).

As variações dos valores de ferro no período de estiagem nos pontos de amostragens oscilaram de < 0,5 a 1,8 mg/L, com média de 0,33 mg/L, (Tabela 2.0). Duas amostras (P14 e P16) apresentaram valores acima do permitido pela Portaria Nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde com valores respetivamente de 0,38 e 0,48, a mesma Portaria determina o valor de 0,3 mg/L para consumo humano.

Os pontos de amostragens números P02, P06, P10, P11, P12, P18, P20, P22, P28, P30 foram os que apresentaram os menores valores (< 0,05 mg/l), ou seja, 53% das amostras. Enquanto que no período chuvoso os valores variam de 0,11 a 0,22 mg/L,

todas as amostras neste período estão dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº2914/2011 do MS.

Tabela 2.0 - Variação dos valores de ferro entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011).

Pontos de Amostragens	Valores (mg/L)	Porcentagem (%)
P01	0,12	5
P02; P06; P10; P11; P12; P18; P20; P22; P28; P30	< 0,05	53
P07	0,22	5
P13; P21	0,1	12
P14	0,38	5
P16	0,47	5
P19	0,17	5
P24	1,8	5
P26	0,16	5

7.2.14. Bicarbonatos

Bicarbonatos são sais que contêm o ânion HCO_3^- . Quimicamente são resultantes de uma reação de salificação parcial. Dentre eles, mais importante é o bicarbonato de sódio (NaCO_3) que devido a sua solubilidade relativamente baixa, é um intermediário no processo de obtenção do carbonato de sódio.

Os bicarbonatos se encontram em equilíbrio com carbonatos, água e CO_2 . Este equilíbrio intervém em muitos processos naturais e artificiais. O corpo emprega catalisadores de zinco para que este se produza mais rapidamente e para facilitar, deste modo, a respiração.

Em relação aos processos químicos efetuados pela respiração, o bicarbonato é um dos principais sais que atua no organismo humano. Junto às demais base do organismo, ele age em conjunto com ácidos de mesma natureza química, formando pares de substâncias chamadas sistema tampão (formado principalmente por bicarbonato e ácido carbônico) que, em associação com o mecanismo respiratório de eliminação de CO_2 e eliminação de O_2 , regula o equilíbrio entre os ácidos e as bases (CAMPOS, 2010).

A respiração pode ser caracterizada por uma atividade relacionada à troca de oxigênio e dióxido de carbono entre o meio ambiente e as células. O perfeito equilíbrio

desse sistema depende do bicarbonato que atua como regulador do equilíbrio entre os ácidos e as bases proporcionando um adequado funcionamento da ventilação, troca gasosa (no processo de difusão alveolar) entre os pulmões e o sangue, ligação do oxigênio à hemoglobina e um débito cardíaco adequado, abaixando o risco da diminuição do nível de oxigenação (CAMPOS, 2010).

As variações dos valores de bicarbonato no período de estiagem nos pontos de amostragens oscilaram de 0 a 160 mg/L, com média de 40,6 mg/L e no período chuvoso os valores variam de 0 a 177 mg/L, com média de 40,9 mg/L (Figura 7.24).

O mapa da distribuição espacial da concentração de bicarbonato no período estiagem mostra que a maior concentração desse elemento encontra-se na porção leste ao lado da lagoa, enquanto que no período chuvoso concentra-se na poção sul da área pesquisada (Figura 7.25).

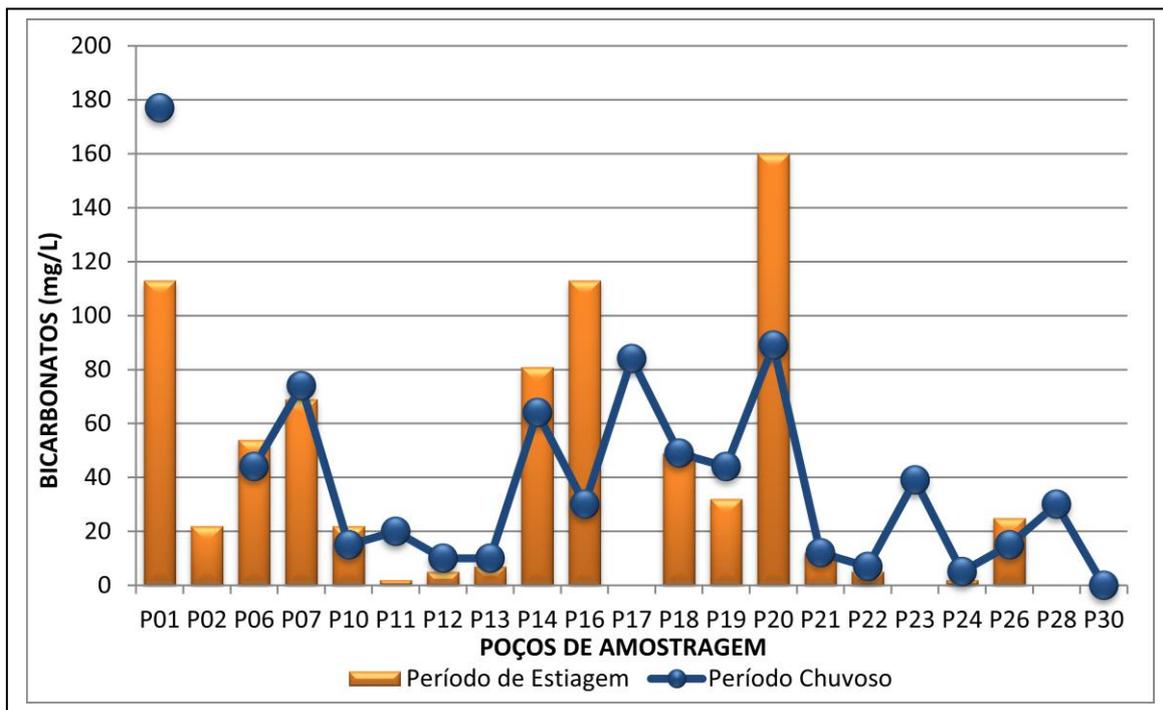


Figura 7.24- Variação de bicarbonatos no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012).

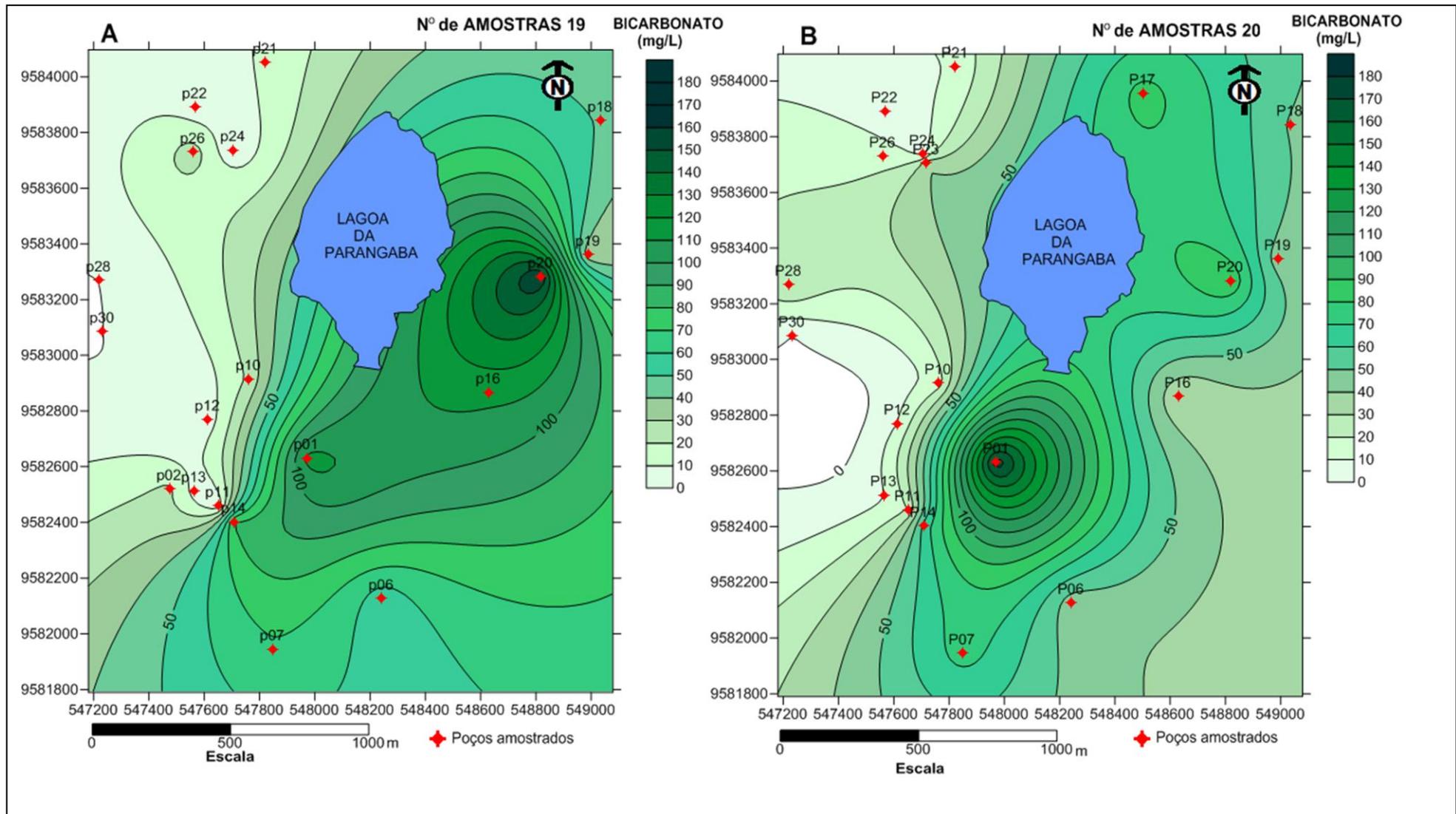


Figura 7.25- Distribuição tendencial da variação espacial dos bicarbonatos no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Período de estiagem coleta realizado em outubro de 2011 e B- Período chuvoso coleta efetuada em Junho de 2012).

7.2.15. Amônia

A amônia está presente naturalmente nos corpos d'água como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera. A amônia é, também, constituinte comum no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados (REIS, 2009).

Nas soluções aquosas, a amônia pode se apresentar sob as formas ionizada (NH_4^+) ou não ionizada (NH_3).

Os valores de amônia coletados no período de estiagem nos pontos de amostragem variam de $\leq 0,2$ a $0,1$ mg/L (Tabela 3.0); todas as amostras em ambos os períodos estão dentro do padrão estabelecido de $1,5$ mg/L determinado pela Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde.

Tabela 3.0 – A variação dos valores de Amônia no entorno da Lagoa da Parangaba (Outubro de 2011).

Pontos de Amostragens	Valores (mg/L)	Porcentagem (%)
P01; P02; P06; P07; P10; P11; P12; P13; P14; P18; P19; P20; P21; P22; P24; P226	< 0,02	84
P28; P30	0,2	33
P16	0,1	5

7.2.16. Nitrato

O nitrato é muito móvel e pode ser removido das camadas superiores do solo para a água (BOWER, 1979). Representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de contaminação recente da água subterrânea por atividades humana (esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos de animais e muitos outros).

O nitrato ocorre, em geral, com pequeno teor na água subterrânea. Altas concentrações na água representam um grande risco para a saúde pública e para os animais. O ânion não apresenta relativa toxidez para os adultos, pois é rapidamente excretado pelos rins; entretanto, em crianças o nitrato é convertido a nitrito, que se

combina com a hemoglobina no sangue, formando metamoglobina e causando a síndrome do “*bebê azul*”. Concentrações maiores que 10 mg/L N-NO₃⁻ podem ser fatais para crianças com idades inferiores a seis meses, podendo causar a morte. Com base na concentração de nitrato, as amostras dos pontos de amostragens no período de estiagem apresentaram uma variação 1 a 36 mg/L de N-NO₃⁻, com média de 14 mg/L de N-NO₃⁻, enquanto no período chuvoso oscilaram de 0 a 26 mg/L de N-NO₃⁻, com média de 11,25 mg/L de N-NO₃⁻ (Figura 7.26).

Os valores obtidos no período de estiagem demonstram que no entorno da Lagoa da Parangaba existe contaminação do aquífero, segundo a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde que determina o padrão de potabilidade para consumo humano 10mg/L N-NO₃⁻. Foi observado que apenas cinco (5) pontos de amostragem estão dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria, ou seja, 73,68 % estão fora dos padrões, no período chuvoso o comportamento das amostras não são diferentes e oito (8) pontos de amostras estão dentro do padrão estabelecido pela portaria, ou seja, 60% apresentam valores acima do permitido pela Portaria Nº 2914/2011 do MS.

A distribuição espacial da concentração de nitrato no período de estiagem concentra-se tanto na porção leste como na porção oeste, mais abrange uma maior proporção na porção oeste, enquanto que no período chuvoso as concentrações se limitam na porção oeste. De acordo com o mapa de zoneamento em ambos os períodos 68% da área esta contaminada, apresentando poucos poços com águas na faixa de potabilidade estabelecida pela Portaria (Figura 7.27).

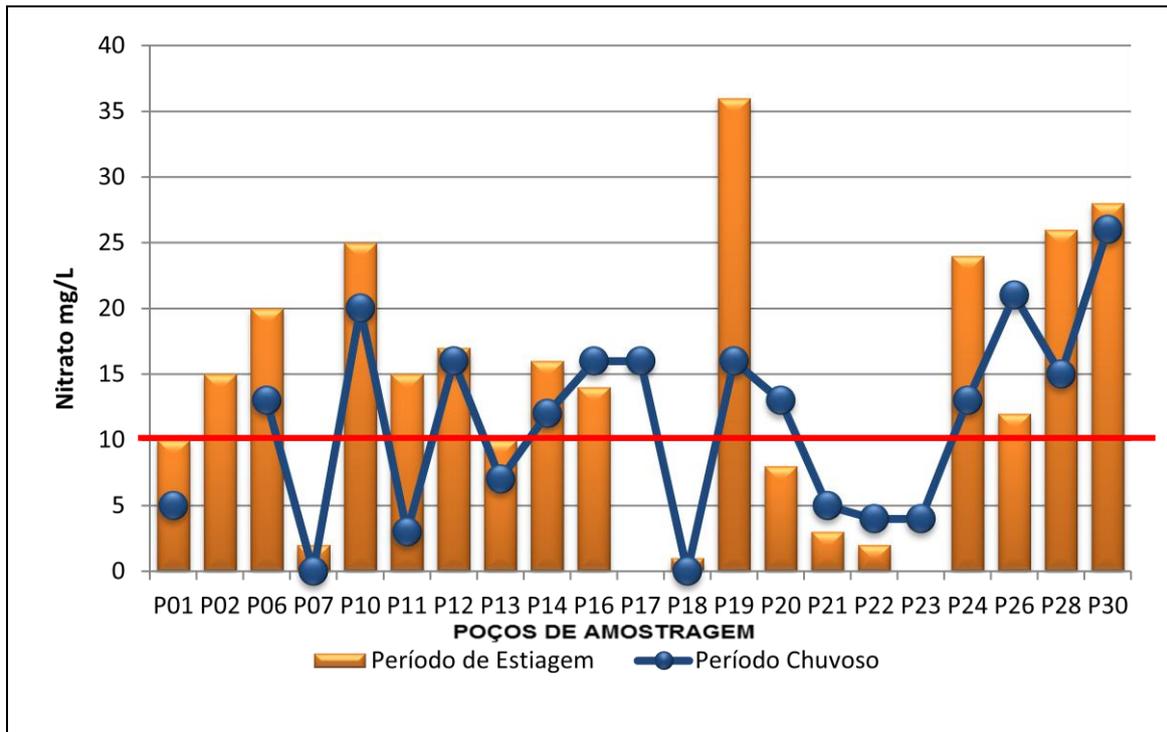


Figura 7.26 – Variação dos valores de nitrato no entorno da Lagoa da Parangaba Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012) (Linha vermelha representa o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914/2011 do MS).

A explicação mais coerente para esclarecer a concentração mais elevada nas porções leste e oeste é o fato da presença de fossas e ausência de saneamento básico. Corresponde a um processo mais efetivas a contaminação, caso de algumas residências de baixa renda que ainda não foram contempladas como processo de saneamento, ou fossas que estejam danificadas e liberam efluentes para aquífero.

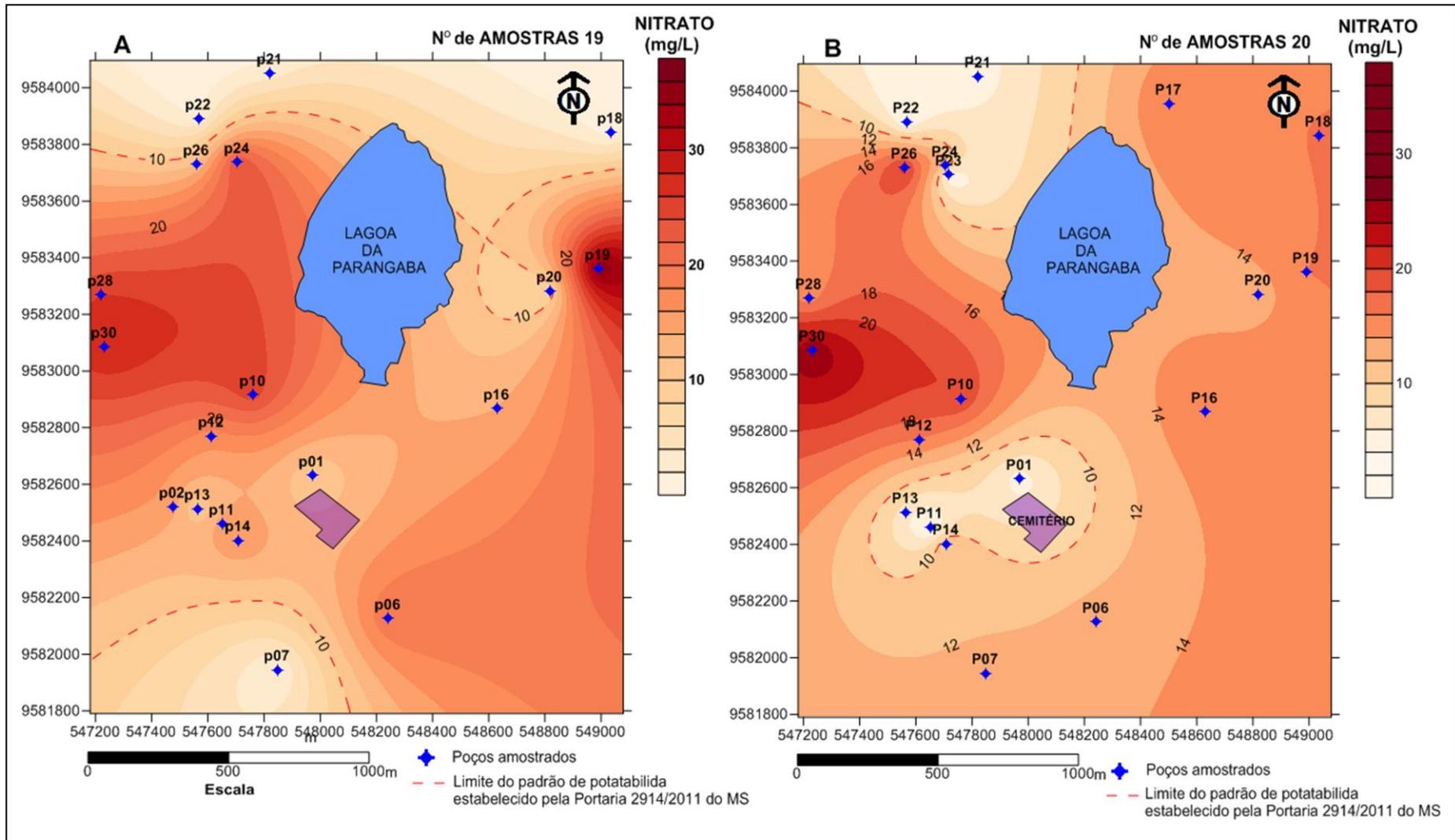


Figura 7.27 - Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de nitrato no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Período de estiagem coleta realizada em outubro de 2011 e B- Período chuvoso coleta efetuada em Junho de 2012) (A linha pontilhada representa a delimitação do limite estabelecido pela Portaria 2914/2011 do MS).

7.2.17. Nitrito

O nitrito (NO^{-2}) é a segunda etapa do ciclo de nitrogênio, produzido por bactérias e considerado menos tóxico que a amônia.

Com base na concentração de nitrito, os pontos de amostragem no período de estiagem apresentaram médias de 0,05 mg/L de NO^{-2} (Tabela 4.0), com uma variação de 0,02 a 0,3 mg/L, estando dentro do limite permitido pela Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde que determina o valores inferiores a 1mg/L de NO^{-2} . No caso do período chuvoso, os valores variam de 0,003 a 0,076 mg/L, todas amostras enquadraram-se no padrão de potabilidade em ambos os períodos.

Tabela 4.0 - Variação dos valores de Nitrito em torna da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro/2011).

Pontos de Amostragem	Valores (mg/l)	Porcentagem (%)
P01; P02; P06; P07; P10; P11; P12; P13; P18; P21; P22; P24; P26; P28; P30	< 0,02	79
P16; P19	0,3	11
P14	0,13	5
P20	0,05	5

7.2.18. Fluoreto

Não existem benefícios para altas concentrações de fluoreto na água, somente riscos à saúde, principalmente para crianças pequenas que ingerem elevado nível de fluoreto, pois quanto menor idade maior a susceptibilidade às toxinas.

O fluoreto é biologicamente ativo mesmo em baixas concentrações. Ele interfere com os ligamentos de hidrogênio que é o centro da estrutura e funções das proteínas e ácidos nucleicos. Assim, o fluoreto tem o potencial de perturbar o processo vital no organismo. Pesquisas revelaram que altas concentrações de fluoreto ingerido por animais desencadearam a destruição no sistema reprodutivo. Tornando o esperma não funcional e aumentando o índice de infertilidade (GUINHO apud CHINOV et al, 1995; KUMAR e SUSHEELA, 1994; CHINOY e NARAYANA, 1994; CHINOY e SEQUEIRA, 1989). Em uma recente pesquisa realizada nos EUA foi descoberto que

teores em torno de 3 mg/L de fluoreto na água causa o aumento na taxa de infertilidade entre mulheres (GUINHO apud FRENI, 1994).

Pesquisas realizadas na China mostraram que em crianças que consomem 0,9 mg/l de fluoreto na água podem adquirir problemas neurológicos, que inclui a diminuição do Q.I e retardo mental.

Outras pesquisas revelam que existe uma relação do fluoreto e um aumento das fraturas nos quadris entre os idosos quando a concentração do fluoreto subiu de 1 mg/l para 8 mg/L (GUINHO apud LI et al, 1991).

A fratura dos quadris é um sério problema para os idosos, já que 25% destes que tem a fratura dos quadris morrem dentro de um ano da operação, enquanto 50% nunca recuperam uma existência independente (GUINHO apud LI et al, 1991).

O fluoreto é um veneno acumulativo, somente 50% do fluoreto ingerido pelo corpo humano a cada dia é excretada através dos rins, e o restante se acumula nos ossos, na hipófise e outros tecidos.

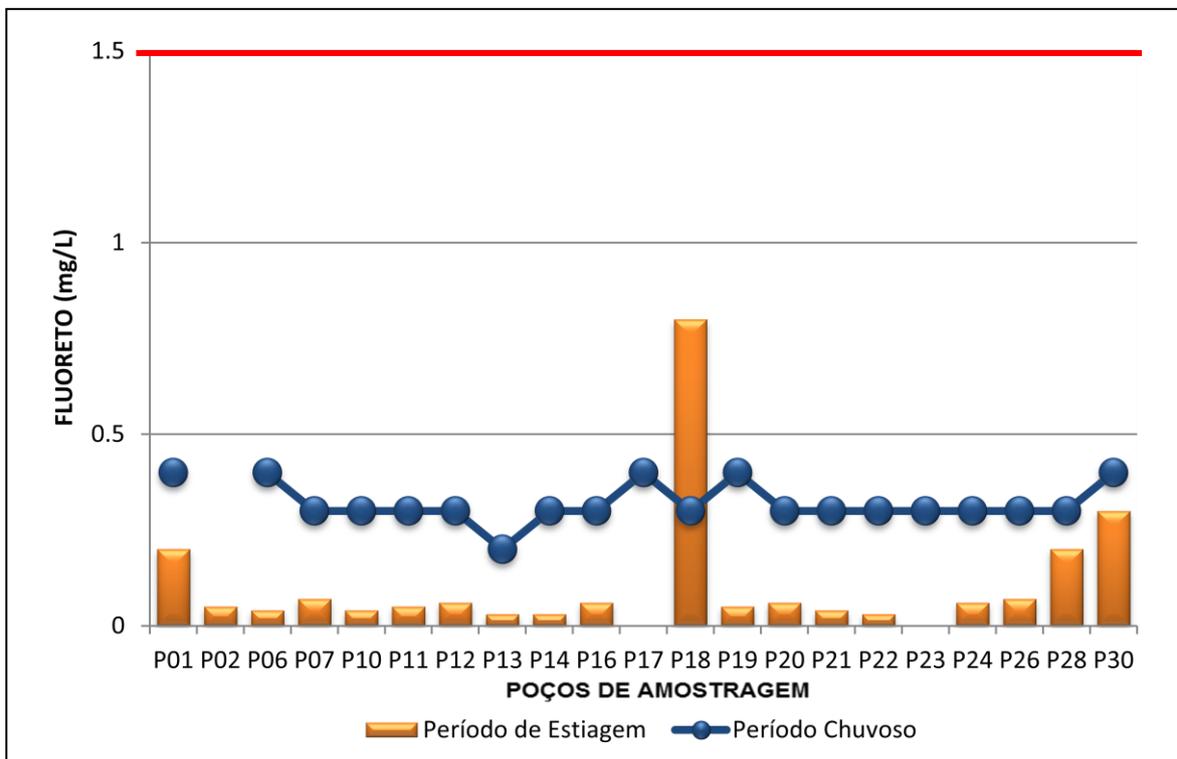


Figura 7.28 – Variação dos valores de fluoreto no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (Outubro de 2011 e Junho de 2012) (Linha vermelha representa o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914/2011 MS).

O nível de fluoreto que é encontrado na água é de 1 mg/L (Instituto de Medicina dos USA, 1997). Segundo a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o valor permitido de fluoreto para consumo humano é de 1,5 mg/L. Com base na concentração de fluoreto, os pontos de amostragem no período de estiagem apresentam média de 0,11 mg/L (Figura 7.28), com uma variação de 0,03 a 0,8 mg/L, enquanto que no período chuvoso ocorre uma variação de 0,2 a 0,4 mg/L, como média de 0,32 mg/L. Em ambos os períodos estão com valores dentro do limite permitido pela Portaria Nº 2914 /2011 do Ministério da Saúde que determina o valores inferiores à 1,5 mg/L.

Em relação à distribuição espacial da concentração de fluoreto no período de estiagem as concentrações reuniam-se nos limites nordeste da área em estudo, em relação ao período chuvoso os maiores valores concentram-se em uma grande porção na região sul que é mostrado no mapa de zoneamento (Figura 7.29).

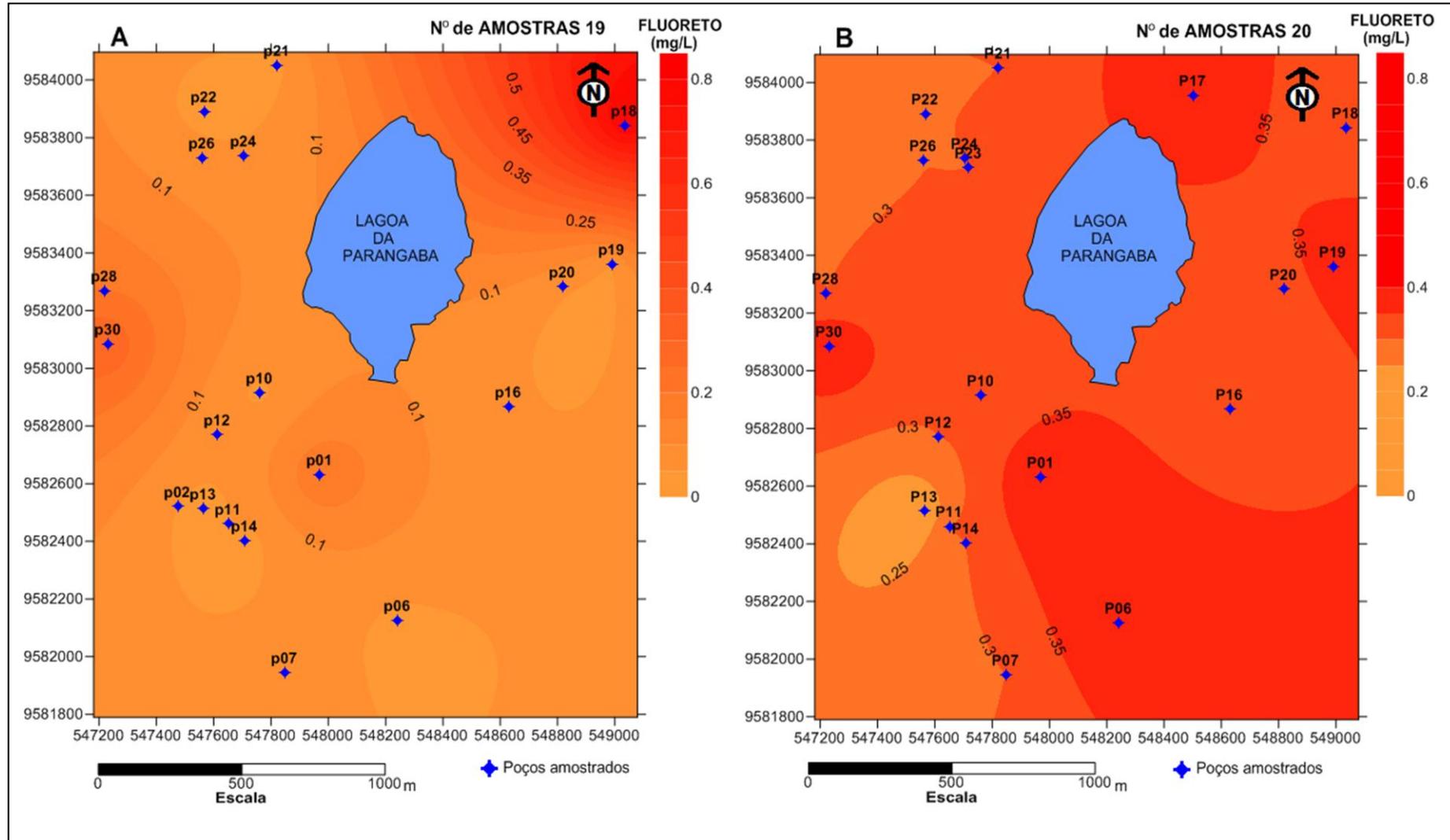


Figura 7.29 - Distribuição tendencial da variação espacial dos valores de fluoreto no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE (A- Período de estiagem coleta realizada em Outubro de 2011 e B- Período chuvoso coleta efetuada em Junho de 2012).

7.4. Consumo Humano

De acordo com Santos (2000), as características que definem o modelo de água destinada ao abastecimento humano, denominadas padrões de potabilidade, compreendem critérios essenciais (Proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas) e critérios complementares (Cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade etc).

A água potável é definida como aquela que pode ser consumida pelo homem sem provocar danos à saúde. O padrão de potabilidade para o consumo humano varia de região para região, mas, entretanto, existe uma tendência para usar as normas adotadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Neste trabalho, será utilizado Diagrama de Shoeller & Berkaloff na avaliação da qualidade da água para abastecimento humano que classifica a água quanto a sua potabilidade utilizando as concentrações de cálcio, magnésio, dureza, sódio, potássio cloreto, sulfeto e alcalinidade em bicarbonato, além dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do MS/2011, nos quais os resultados obtidos revelaram que no período de estiagem 10 amostras apresentam águas ácidas, exibindo valores de pH baixos, não recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do MS; 10 amostras mostraram valores de turbidez acima do permitido pela mesma Portaria, além do cloreto, turbidez, ferro e nitrato que exibiram, respectivamente, 4,17, 2 e 14 amostras com valores não favoráveis de potabilidade. No período chuvoso o comportamento das águas coletadas não se mostra diferente em relação ao período de estiagem, apresentando amostras de pH e nitrato fora dos padrões estabelecidos pela Portaria.

O Diagrama de Shoeller & Berkaloff mostra uma variação significativa da potabilidade, onde os pontos de amostragem em ambos os períodos oscilam de passável a má, marcada predominantemente pela variação de cálcio e magnésio apresentando elevados valores de dureza e sódio/potássio, respectivamente (Figura 7.31 e 7.32). No período de estiagem, os poços P26 e P28 apresentam água com elevados teores de sódio/potássio, classificando-se como águas não potáveis, segundo o diagrama, para esses dois elementos.

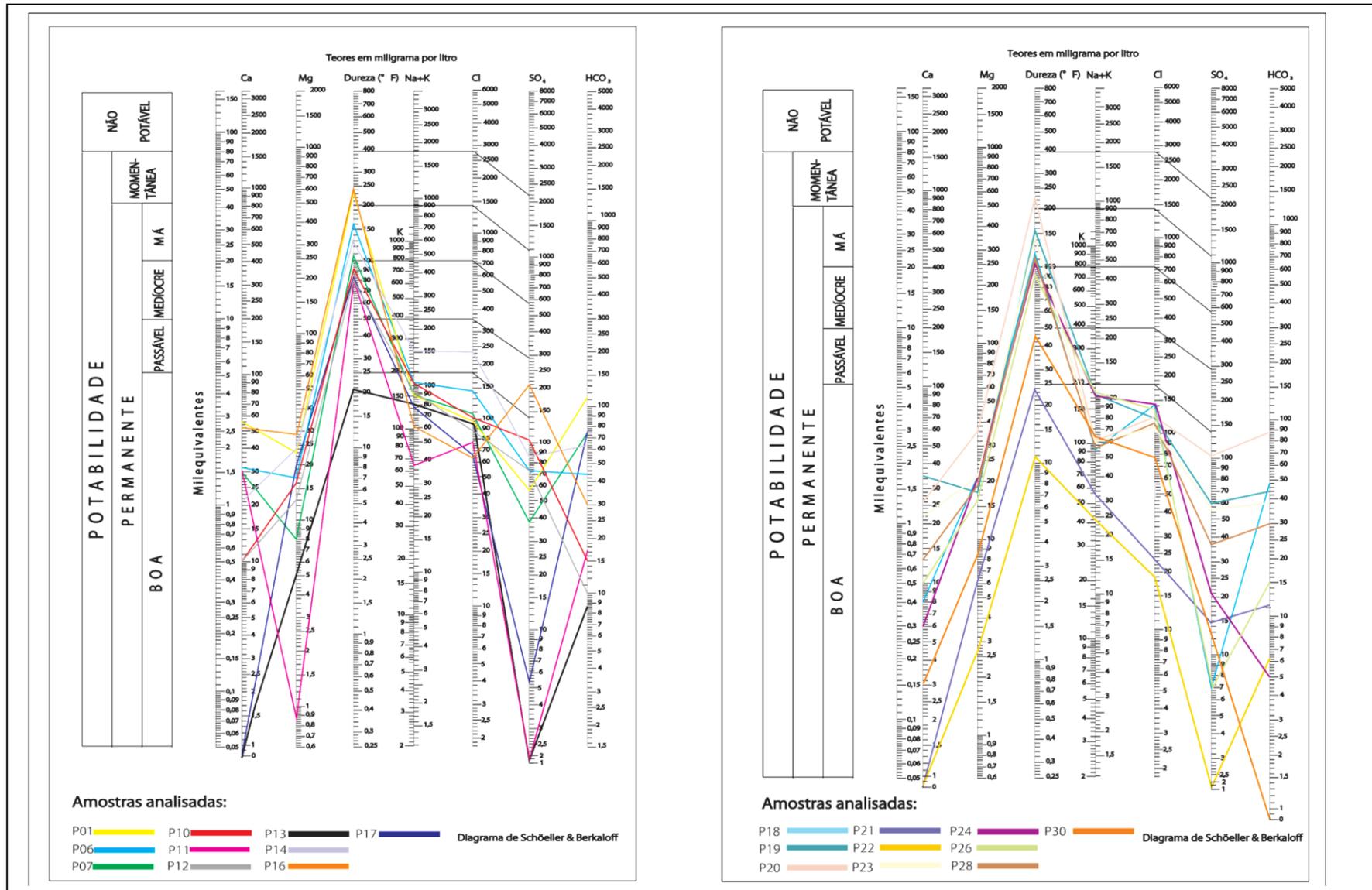


Figura 7.31 - Diagrama de Shoeller & Berkloff das análises realizadas no período chuvoso (Junho de 2012), nos pontos de coletas no entorno da lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE.

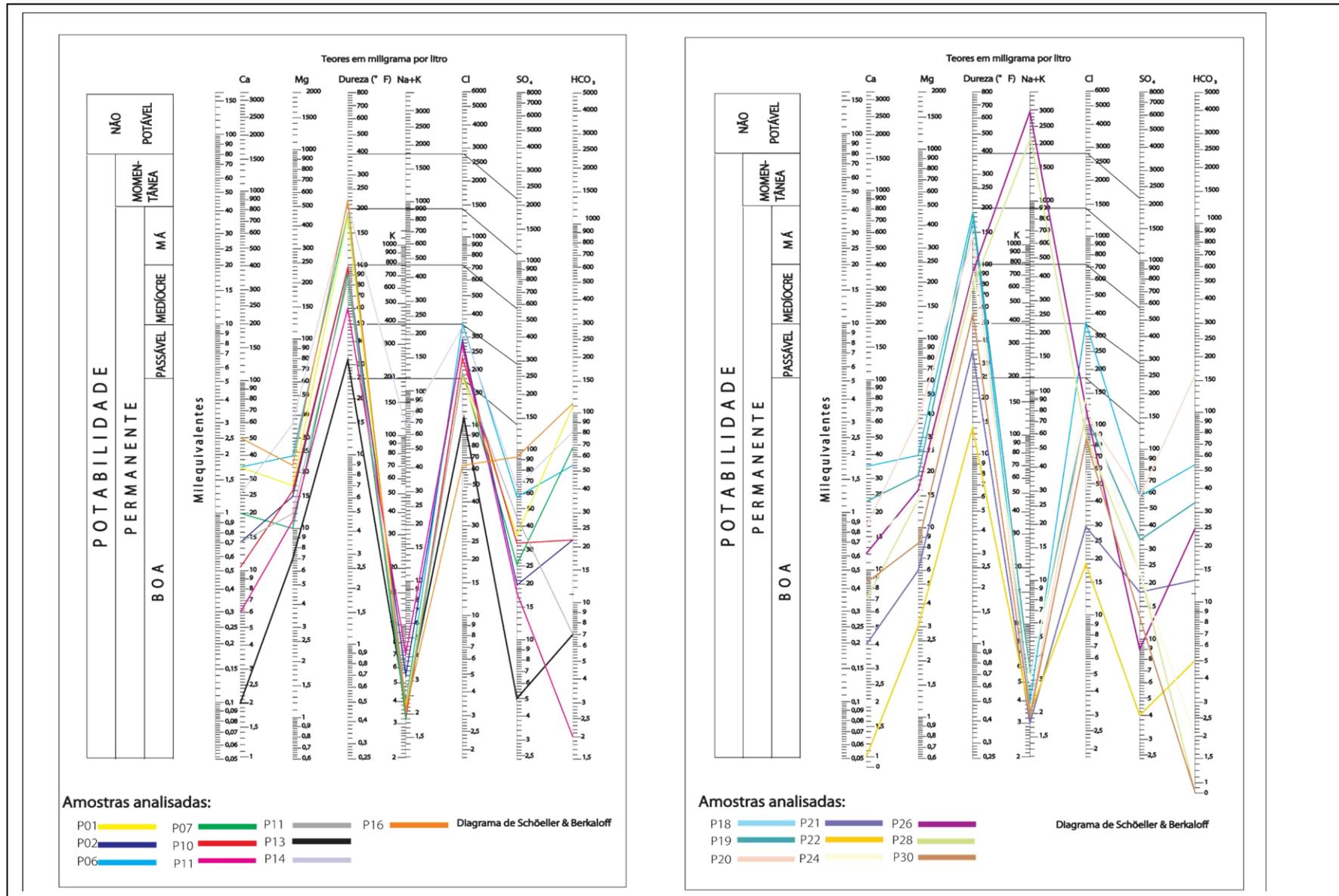


Figura 7.32 - Diagrama de Shoeller & Berkaloff das análises realizadas no período de estiagem (Outubro de 2011), nos pontos de coletas no entorno da lagoa da Parangaba, Fortaleza - CE.

7.5 Recreação

Segundo Santos (2000), a água utilizada para a recreação de contato direto ou primário (natação, hidroginástica etc.), exige um controle constante na sua qualidade química, físico-química, biológica e radiológica, pois pode oferecer risco à saúde humana, como presença de organismos patogênicos e metais pesados; logo, é usual adotar-se os seguintes padrões: o valor do pH em torno de 7, e piscinas com tratamento de cloro residual de 0,4 - 1,0 mg/L, para o microbiológico o limite de NMP 200/100 mL de água.

Com relação aos valores físico-químicos, as águas dos pontos de amostragens são consideradas como águas não recomendadas para recreação, em ambos os períodos, estando fora dos padrões permitidos causados pelos altos teores de cloreto oscilando de 19 a 408 mg/L no período de estiagem, com variação de 21 a 236 mg/L no período chuvoso e pH médio de 5,5 em ambos os períodos, considerado ácido.

Muitos condomínios de classe média que estão inseridos na área pesquisada utilizam a água subterrânea para suas atividades esportivas e recreação, utilizando poços para abastecer suas piscinas.

Em relação às análises bacteriológicas, nesta etapa foram realizadas apenas 5 análises não tendo subsídio financeiros para se determinar as condições recomendadas para atividades de recreação; porém deve ser ressaltada que todas as amostras analisadas apresentaram bactérias do grupo Coliforme. A Prefeitura de Fortaleza faz análises bacteriológicas periodicamente da água da Lagoa da Parangaba desde o ano de 2006, e todos os laudos confirmaram que as águas da lagoa não são apropriadas para o banho (APÊNDICE A).

7.6. Caracterização Bacteriológica

As bactérias são os seres vivos mais simples do ponto de vista estrutural, e de menor tamanho, sendo conhecidos, também, como micróbios; elas são microorganismos unicelulares, procariontes e algumas causam doenças. São abundantes no ar, no solo e na água sendo que, na sua maioria, são inofensivas para o ser humano, sendo algumas até benéficas.

A contaminação do sistema de abastecimento de água, às vezes ocorrente por esgoto em águas de poços particulares e cacimbas residenciais, é geralmente detectada pela presença de Coliformes, que representa um grupo de bactérias pertencente à família *Enterobacteria*, que é a maior e mais heterogênea coleção de bacilos gran-negativos de importância clínica.

Para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de outros animais de sangue quente, a avaliação da qualidade de uma água é feita através da análise de bactérias do grupo Coliformes, sobretudo os Coliformes Termotolerantes. Estes não são patogênicos, mas sua presença indica a existência de fezes que possuem bactérias patogênicas, e são utilizados como indicadores de condições de higiene (LEMOS & MEDEIROS, 2006).

Neste trabalho são apresentados os resultados das análises bacteriológicas de 5 amostras que foram coletadas no período de estiagem nos pontos de amostragem em torno da Lagoa (Tabela 5.0) além dos resultados obtidos pela Prefeitura de Fortaleza com análises periódicas efetuadas na Lagoa da Parangaba.

Tabela 05 – Resultado das análises bacteriológicas em 5 pontos de coleta.

Nº Poço	Concentração de Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL
1	204
16	130
19	322
26	70
30	141

Segundo a Portaria Nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, as águas ao serem analisadas bacteriologicamente devem apresentar ausência para o grupo dos Coliformes; os resultados obtidos mostram que todas as amostras coletadas nos pontos de amostragem estão contaminadas com Coliformes Fecais, sendo impróprias ao consumo humano, e as análises realizadas pela Prefeitura de Fortaleza no ano de 2006 à 2010 mostram que as águas da Lagoa da Parangaba são impróprias para o consumo humano (Apêndice B)

A área de estudo é contemplada pelo sistema básico de esgoto, porém o bairro da Parangaba corresponde aos bairros pioneiros da ocupação urbana em Fortaleza, levando

um grande período que se utilizava de fossas sépticas para eliminação dos seus dejetos, sendo este um dos pontos da poluição; outro fator é que nem todas as residências do bairro aderiram ao processo de saneamento básico, o que gera a poluição das mananciais subterrâneos.

Os coliformes fecais não são patogênicos, mas sua presença indica a existência de fezes que possuem bactérias patogênicas. Os Coliformes Totais são utilizados como indicadores das condições de higiene, e suas concentrações assumem importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

8. ANÁLISES DAS ÁGUAS DA LAGOA DA PARANGABA

Durante os anos de 2007 a 2009 foram coletadas e analisadas as águas das principais lagoas do município de Fortaleza. Esse trabalho foi efetuado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, no qual a Lagoa da Parangaba foi contemplada com análises físico-químicas e bacteriológicas, (APÊNDICE A); essas coletas foram concretizadas em três pontos de amostragens localizados na margem (PT₁), centro (PT₂) e no sangradouro (PT₃). Com base nesses dados cedidos pela instituição de ensino científico e tecnológico, foi analisado e caracterizado o comportamento da qualidade da água da Lagoa da Parangaba, avaliando a água para consumo humano.

Para essa avaliação as análises foram divididas em dois períodos, correspondentes ao período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e o de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009). Os parâmetros físico-químicos que foram avaliados correspondem ao pH, condutividade elétrica (us/m), turbidez (ut), dureza total (mg/L), cloreto (mg/L), amônia (mg/L), nitrito (mg/L), nitrato (mg/L), sulfato(mg/L) e ferro (mg/L). Com relação aspectos micro bacteriológicos foram analisado o *Escherichia coli*, bactérias que assume a forma de bacilo e pertence à família das Enterobacteriaceae, são grupos de bactérias indicadoras de contaminação e são formadas pelos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*.

8.1 Características Hidroquímicas da Lagoa da Parangaba

Nesse tópico é abordada a avaliação as águas da Lagoa da Parangaba segundo a Portaria 2914/2011 do MS.

8.1.2. Dureza

As águas analisadas no período de estiagem na Lagoa da Parangaba se qualificam segundo a classificação sugerida por SANTOS (2000), como águas pouco duras e duras apresentando uma porcentagem de (50%) para cada classificação, enquanto que no período chuvoso ocorre um predomínio de somente de águas duras apresentando um percentual de (100%) das amostras. Ressalta-se que os valores de

dureza nas amostras analisadas estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914 do Ministério da Saúde do Brasil 12/12/2011, considerando-se até 500 mg/L de CaCO₃.

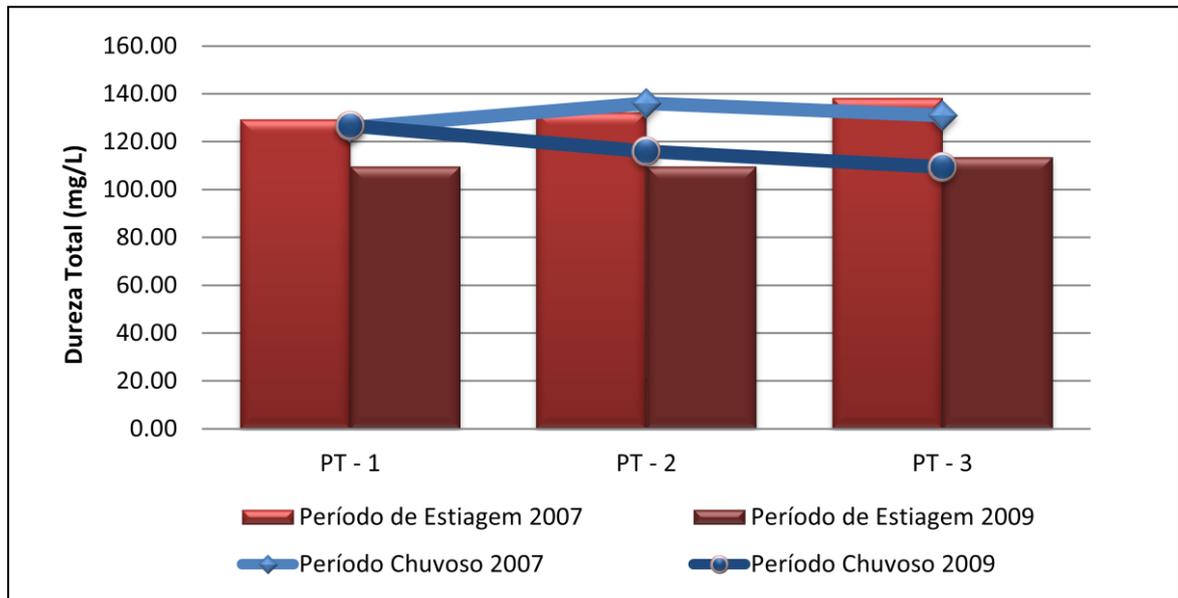


Figura 8.1 – Variação dos valores de dureza da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009)

8.1.2. pH

Os valores de pH referentes as amostras de água coletada da Lagoa da Parangaba apresentaram uma variação no período estiagem de 7,77 a 8,58 mg/L com média 8,18 mg/L, enquanto os valores no período chuvoso oscilam de 7,93 a 8,98 mg/L com média 8,43 mg/L.

Segundo a Portaria 2914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011, que determina que o valor máximo para o consumo humano e de 6 a 9,5, todas as amostras apresentaram valores dentro do padrão estabelecido pela Portaria, tornando-se potável para o consumo.

Esses resultados são opostos aos encontrados no aquífero localizado circunvizinho a lagoa, haja vista que as águas são predominantemente ácidas, sugerindo-se que acidez da água subterrânea é provocada pelo solo extremamente ácido oriundo do Barreiras.

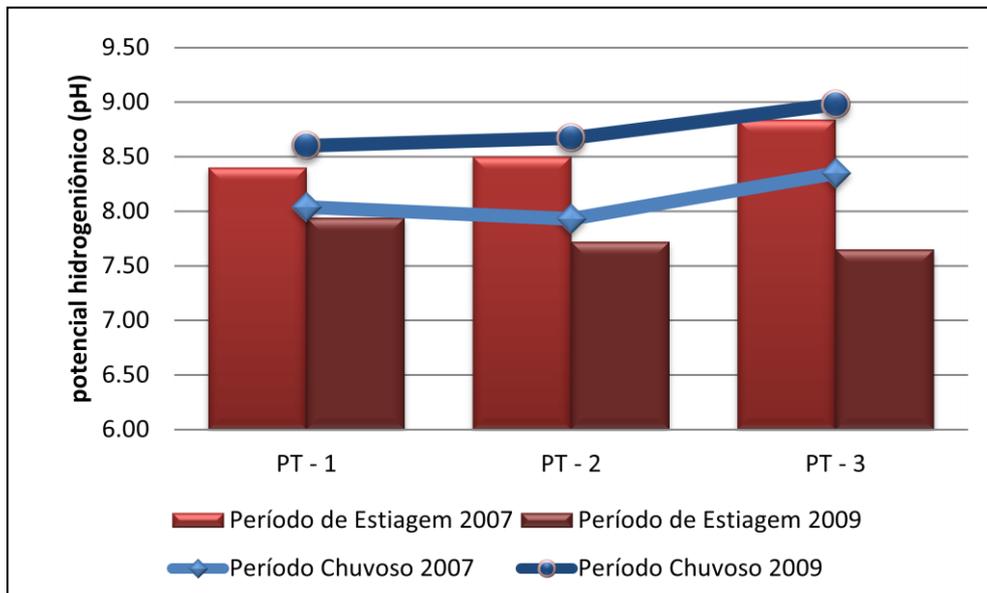


Figura 8.2 – Variação dos valores de pH da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009)

8.1.3. Condutividade elétrica (CE)

Os valores referentes à condutividade elétrica da Lagoa da Parangaba variam no período de estiagem de 363 a 556 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) com média 489 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), enquanto os valores no período chuvoso oscilam de 490 a 540 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), com uma média de 509 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

A Portaria nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde não determina valores de potabilidade; para CE no entanto, os altos valores de condutividade pode indicar alguma fonte de contaminação decorrente da dissolução do contaminante que acrescenta íons na água tornando-se a água mais condutiva. A lagoa está localizada em uma área extremamente urbanizada com diversas fontes potenciais de contaminação, tais como: postos de serviço, cemitérios, lava - jatos, podendo apresentar substâncias que contribua para o aumento da condutividade elétrica.

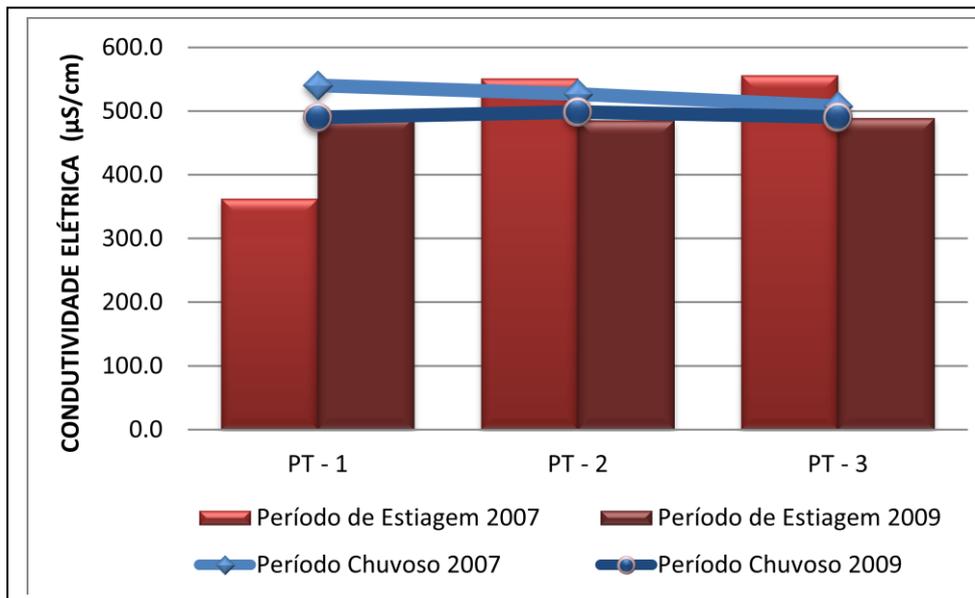


Figura 8.3 – Variação dos valores de CE da lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009)

8.1.4. Sólidos Totais Dissolvidos

No período de estiagem as amostras apresentaram uma variação de 299 mg/L a 454 mg/L, com média de 369 mg/l, e no período chuvoso oscila de 361 mg/l a 500 mg/l com média de 432 (Figura 8.4). Ressalta-se que os valores das amostras em ambos os períodos estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do MS, onde o valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L. Também foi observado que as concentrações de STD são maiores nas análises realizadas no entorno da lagoa, sugere-se que esses maiores valores podem estar relacionados com as fontes potenciais de contaminação que estão no entorno da Lagoa da Parangaba.

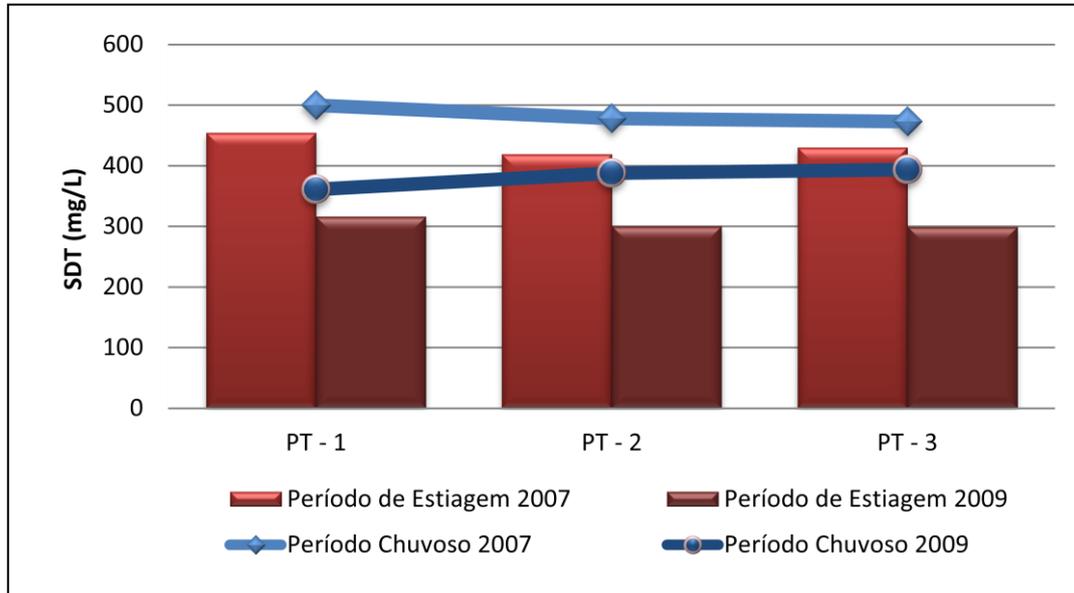


Figura 8.4 – Variação dos valores de STD da lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009)

8.1.5. Turbidez

Os valores das águas analisadas da Lagoa da Parangaba referentes ao parâmetro de turbidez no período de estiagem oscilam de 9,96 a 16 UNT, com média de 12,29 UNT, enquanto que no período chuvoso a variação é de 9,17 a 13 UNT, com média de 11,07 UNT (Figura 8.5). Foi observada que ocorre uma maior concentração de turbidez nas águas analisadas na Lagoa da Parangaba em relação às águas circunvizinhas a lagoa onde a lagoa está localizada, na região mais baixa, ocorrendo dessa forma um maior acúmulo de água e de partículas sólidas nessa porção, desencadeando nessa área um maior transporte de sedimentos, agravado pelo intenso assoreamento decorrente da ampla área impermeável entorno da lagoa, causando a maior concentração de turbidez nas águas analisadas dentro da lagoa. Podemos notar que em ambos os períodos os valores da água analisada dentro da lagoa estão acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria Nº 2914 do MS (Valor Máximo Tolerável de 5,0 UNT).

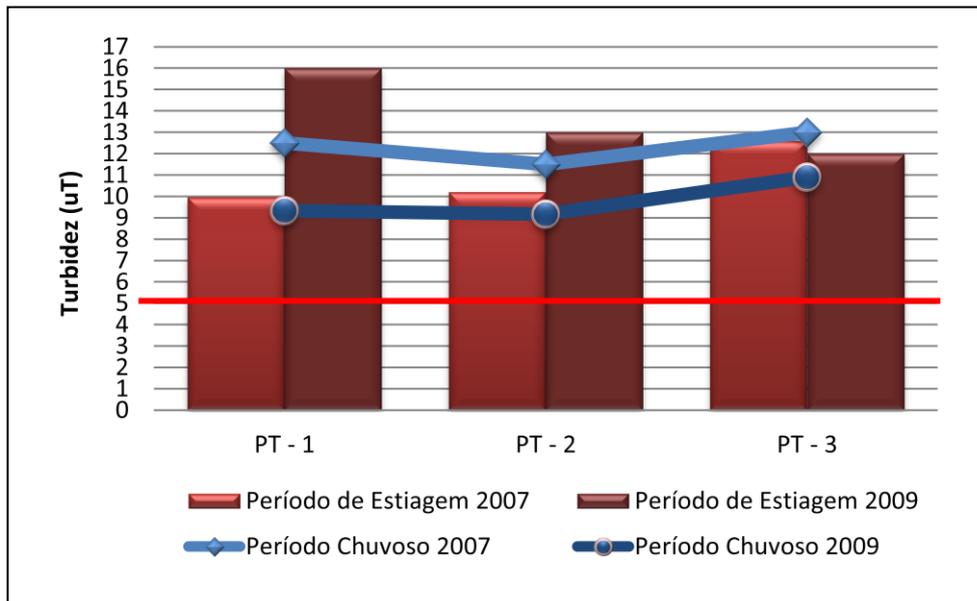


Figura 8.5 – Variação dos valores de turbidez da lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009) (Linha vermelha representa o valor máximo de potabilidade da Portaria 2914 do MS de 2011).

8.1.6 Cloreto

Os valores de cloreto nas águas da Lagoa da Parangaba, no período de estiagem, oscilaram de 113,15 a 114,38 mg/L, com média de 113,97 mg/L, enquanto que no período chuvoso foi de 104,82 a 106,57 mg/L, com média de 105,82 mg/L (Figura 8.6). Segundo a Portaria 2914 do MS de 2011 o valor máximo tolerado é de 250 mg/l, e ambos em todos os períodos os valores estão dentro do padrão de potabilidade.

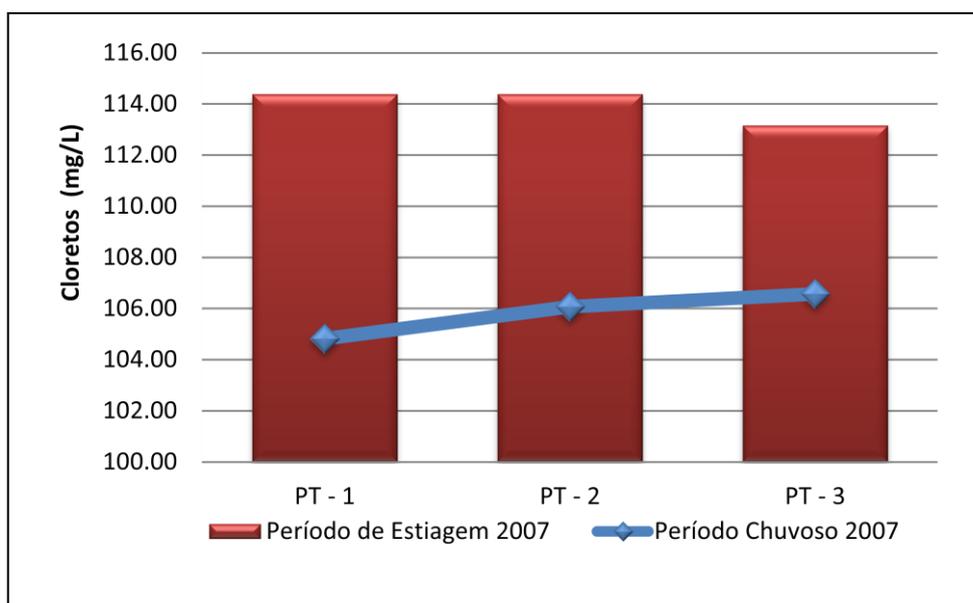


Figura 8.6 – Variação dos valores de Cloreto da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007) e no período de estiagem (23/06/2007).

8.1.7. Sulfato

Segundo a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o Valor Máximo Tolerável de Sulfato é de 250 mg/L e todas as amostras coletadas em ambos os períodos estão dentro do padrão estabelecido pela Portaria. Foi constatado que no período de estiagem as concentrações oscilam de 31,7 a 39,9 mg/L, média de 37 mg/L, e no período chuvoso os valores variam de 24,7 a 38,2 com média de 31,2 (Figura 8.7).

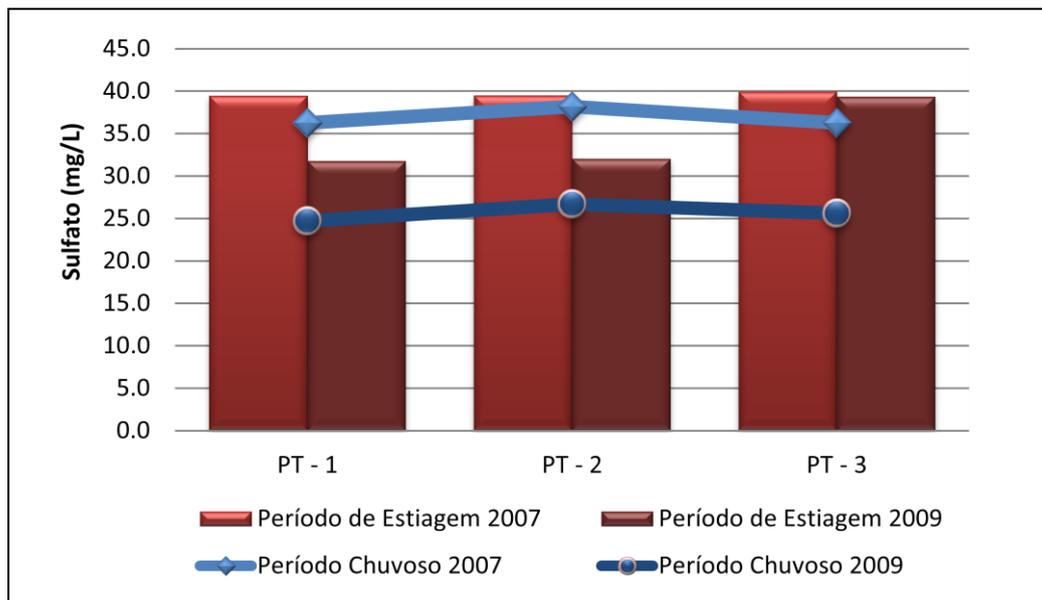


Figura 8.7 – Variação dos valores de Sulfato da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009).

8.1.8 Ferro

Os valores de ferro na água da Lagoa da Parangaba, no período de estiagem, oscilou de 0,03 a 0,02 mg/L, com média de 0,11 mg/L, enquanto que no período chuvoso 0,05 a 0,1 mg/L, com média de 0,09 mg/L (Figura 8.8). Segundo a Portaria Nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, para o consumo humano a concentração de ferro é de 0,3 mg/L, e todas as amostras apresentaram valores abaixo, estando dentro do padrão adotado pela Portaria.

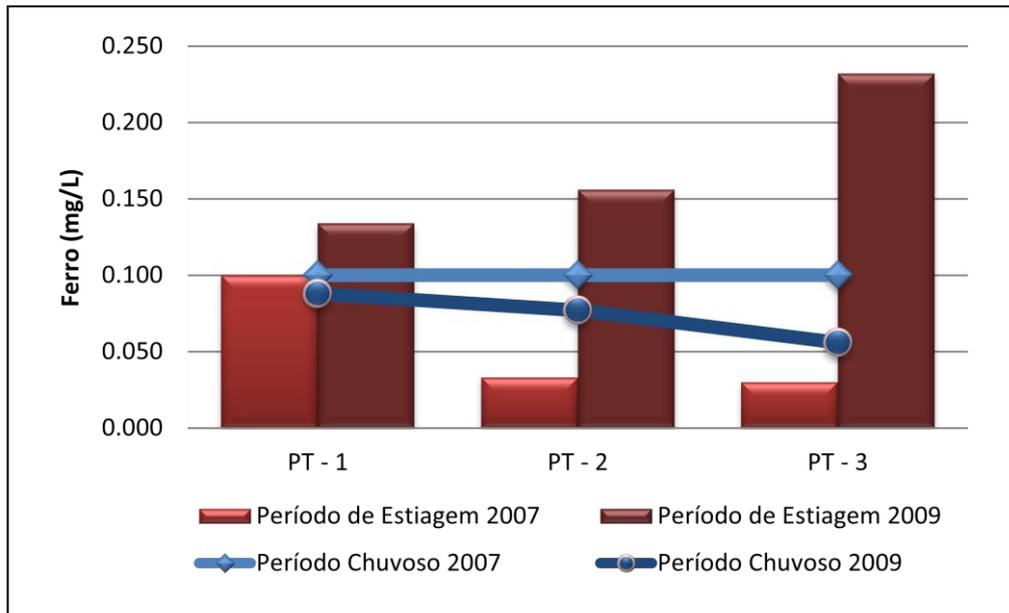


Figura 8.8 – Variação dos valores de Sulfato da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009).

8.1.9 Nitrato

Os valores de nitrato na água da Lagoa da Parangaba, no período de estiagem, oscilou de 0,46 a 9,75 mg/L de $N-NO_3^-$, com média de 2,56 mg/L de $N-NO_3^-$, enquanto que no período chuvoso 0,2 a 0,5 mg/L de $N-NO_3^-$, com média de 0,3 mg/L (Figura 8.9). Segundo a Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, determina que para o consumo humano a concentração de nitrato seja de 10 mg/L de $N-NO_3^-$, todas as amostras apresentaram valores abaixo, estando dentro do padrão adotado pela Portaria citada anteriormente. Podemos observar que as águas analisadas circunvizinhas à Lagoa da Parangaba apresentaram valores mais elevados de nitrato, os elevados valores podem ser o reflexo da ausência de saneamento básico em algumas porções da área pesquisada, principalmente, nas regiões leste e oeste, onde apresentam os maiores valores de nitrato.

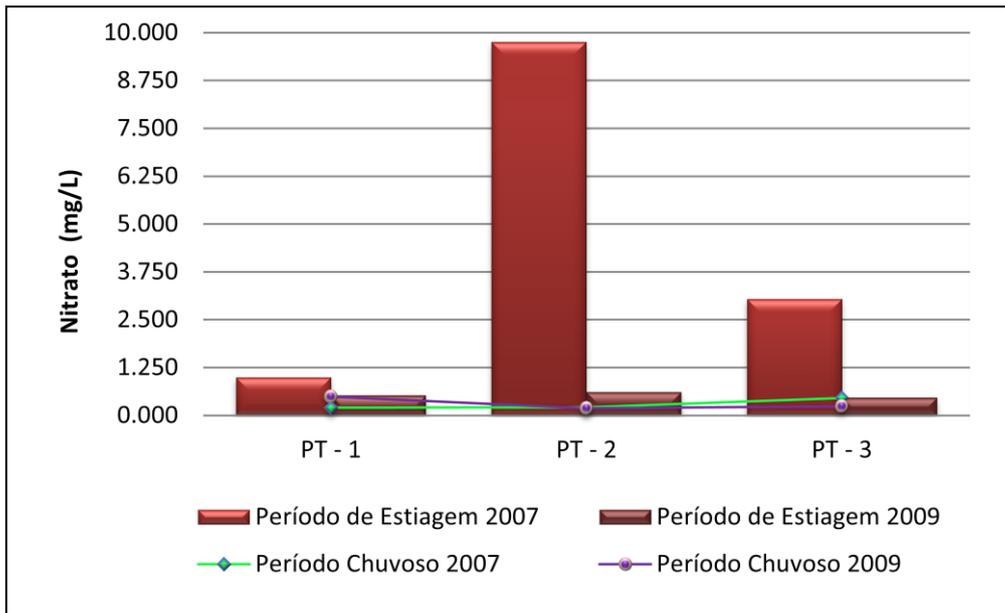


Figura 8.9 – Variações dos valores de Nitrato da lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009).

8.1.10. Nitrito

Os valores de nitrito na água da Lagoa da Parangaba, no período de estiagem, oscilou de 0,08 a 0,6 mg/L, com média de 0,6mg/L, enquanto no período chuvoso a variação de 0,1 a 0,5 mg/L, com média de 0,2 mg/L (Figura 8.10). Segunda a Portaria Nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde o valor permitido para o consumo humano e de 1mg/L de NO^{-2} . Podemos observar que todas as amostras estão dentro do padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria.

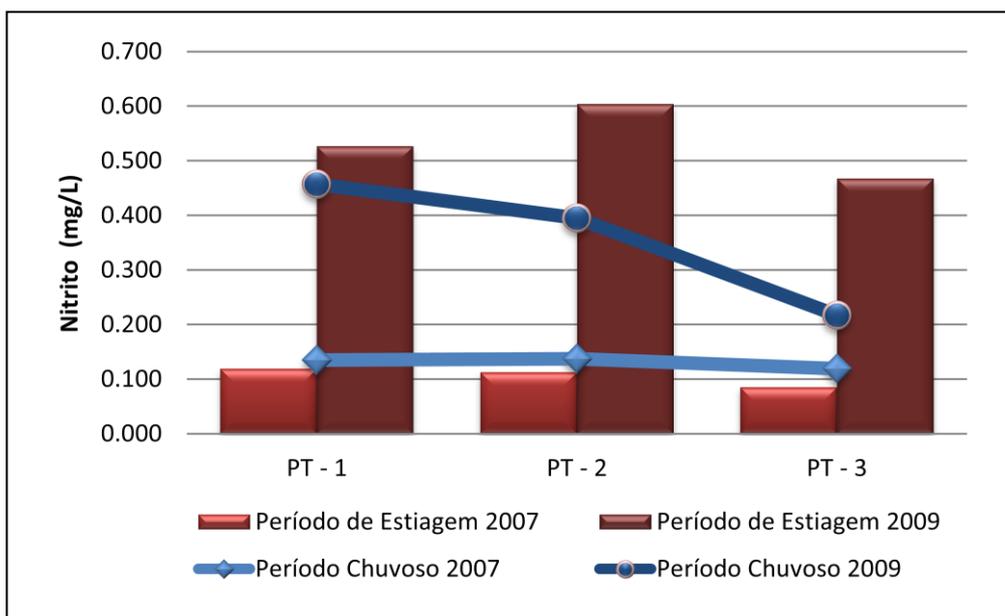


Figura 8.10 – Variação dos valores de Nitrito da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009).

8.1.11. Amônia

Os valores de amônia na água da Lagoa da Parangaba, no período de estiagem, oscilou de 0,06 a 0,7 mg/L, com média de 0,36 mg/L, enquanto no período chuvoso foi 0,3 a 0,4 mg/L, com média de 0,3 mg/L (Figura 8.11). Segunda a Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde o valor permitido para o consumo humano é de 1,5 mg/L. Podemos observar que todas as amostras estão dentro do padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria.

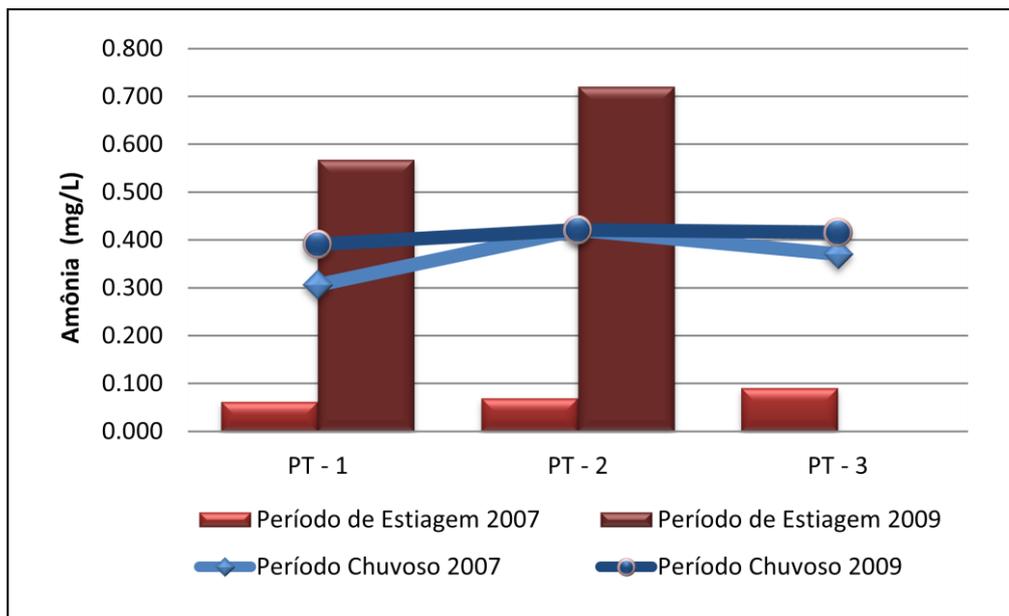


Figura 8.11 – Variação dos valores de Amônia da Lagoa da Parangaba no período chuvoso (25/03/2007 e 28/03/2009) e no período de estiagem (23/06/2007 e 15/08/2009).

9 – CONCLUSÕES

A área de estudo está localizada no município de Fortaleza Ceará, inserido no Sistema Hidrogeológico Barreiras (aflorante) sobreposto ao Sistema Hidrogeológico Cristalino.

O Sistema Hidrogeológico Barreiras é composto por níveis areno-argilosos e/ou argilo-arenosos, com larga variação faciológica, de cores variadas, predominando a coloração avermelhada, de granulação variando desde a fração argila até areia média, com níveis conglomeráticos intercalados, o pacote sedimentar Barreiras apresenta uma espessura que varia entre 15 e 45 metros; esses sedimentos encontram-se assentados sobre o embasamento cristalino. Dos 16 poços construídos na área pesquisada, 11 foram perfurados além dos pacotes sedimentares, adentrando o embasamento cristalino que se mostra muitas vezes fraturado, ou até mesmo alterado.

Os dados das obras de captação, onde foram contabilizados 86 obras, mostram que 44% dessas obras correspondem a cacimbas e 56% constituem poços tubulares.

As águas dos 43 poços tubulares em torno da lagoa são explotadas para diversos fins: 20 (42%) como domésticos utilizados para atender as necessidades básicas dos proprietários; 18 (37%) não informaram a sua utilização; 8 (17%) possuem usos múltiplos, utilizados para diversas fins como limpeza de carros, recreação e jardinagem, 1 (2%) são utilizados para atender em pequenas indústrias, 1 (2%) para atividades comerciais, utilizando a comercialização do recurso hídrico.

Os poços tubulares apresentam tipos de revestimento diferente, 43 deles são revestidos por PVC geomecânico e apenas um poço tem o seu revestimento de ferro.

Dos 48 poços tubulares registrados, 42 possuem dados de vazões, que oscilam de 0,2 a 6,6 m³/h, com média de 2,4 m³/h.

Em relação ao revestimento das 38 cacimbas cadastrados, 30 (79%) com anéis pré-moldados de concreto e foram construídos 8 (21 %) cacimbas com tijolos. As cacimbas possuem profundidade variando de 3 a 50 m, com média de 18 m, e nível estático variando de 0,75 a 12 m, com média de 4,7 m. Com relação à finalidade, das 38 cacimbas cadastradas, 6 (16%) são utilizados como fonte principal de água, 32 (84%) são utilizados como fonte alternativa ou de complementação do abastecimento de água.

Nesse trabalho foi estimada a área ocupada pelo crescimento urbano no entorno da Lagoa da Parangaba. O cálculo revelou que a área urbanizada no ano de 1972 era de 30%, e no ano 2010 a área tomada pela interferência antrópica era de 56%, ou seja, ocorreu um acréscimo de 1.221 m²; outro problema que está extremamente ligado com o índice de impermeabilidade observado nesse trabalho foi o aumento da área da Lagoa da Parangaba que pode estar relacionado à urbanização no entorno do manancial causando a aceleração do assoreamento aliado ao rio canalizado que potencializa a velocidade dos afluentes que deposita sedimentos e lixos para dentro da lagoa, ocorrendo o acúmulo de resíduos no fundo da lagoa, provocando o aumento da coluna d'água e potencializando a velocidade dos afluentes, favorecendo a ocorrência de enchentes. A morfologia da lagoa foi alterada, no ano de 1972 a área da lagoa era de 289,4 m², expandindo-se em 2010 de 337,3 m², ou seja, um acréscimo de 47,9 m².

Nessa pesquisa foram mapeadas as áreas potenciais de poluição. Por se tratar de uma área intensamente urbanizada a área apresentam diversas fontes potenciais de poluição da água subterrânea tais como: cemitério, postos de combustíveis, lixo que se acumula nas margens da Lagoa da Parangaba, além de fossas que passaram anos em atividade e que são classificadas espacialmente como fontes pontuais de poluição, e o rio canalizado que é rotulado como fonte linear de poluição, que despeja afluentes líquidos de indústrias anônimas para a lagoa.

Foi calculado o volume estimado de necro-chorume gerado pelo cemitério da Parangaba, com base no total do número de sepultamentos relacionado ao sexo e idade, o volume estimado de necro-chorume produzido ao longo de 23 anos de dados do Cemitério da Parangaba é de 525.524 L.

Segundo a Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde que estabelece o padrão das águas utilizadas no consumo humano, ao serem analisadas bacteriologicamente, devem apresentar ausência para o grupo dos coliformes. Os resultados obtidos mostram que todas as amostras coletadas nos pontos de amostragem estão contaminadas com coliformes fecais, sendo imprópria ao consumo humano; em relação às análises realizadas pela Prefeitura no ano de 2006 a 2010, a água da Lagoa da Parangaba apresenta o mesmo diagnóstico.

Os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas coletadas no entorno da Lagoa da Parangaba, referente ao período de estiagem foi efetuada em 31/10/2011 e o período chuvoso foi realizada 04 /06/2012, mostraram que em algumas amostras podem

apresentar risco a saúde humana. No período de estiagem as amostras exibiram valores inadequados de pH, turbidez, ferro, cloreto e nitrato, enquanto no período chuvoso apenas pH e nitrato apresentaram valores insatisfatórios comparativamente aos sugerido pela Portaria nº 2914 do MS/2011. Também foi avaliada a qualidade da água da lagoa, sendo dividida em duas etapas período chuvosa e estiagem; as amostras revelaram apenas problemas referente ao parâmetro de turbidez que ultrapassou o valor sugerido pela Portaria nº 2914 do MS/2011, apresentando uma menor concentração dos sais dissolvidos nas águas superficiais em relação as águas analisadas no entorno da Lagoa, sugere-se que seja proveniente da alteração da rocha presente na região apresentando águas mais mineralizadas. Por fim, as águas no entorno da lagoa foram avaliadas pelo Diagrama de Shoeller & Berkloff em ambos os períodos, e as amostras oscilaram de passável a má, marcada predominantemente pela variação de cálcio e magnésio apresentando elevados valores de dureza e sódio/potássio, respectivamente.

Para a classificação iônica das águas nos pontos de amostragem na área de estudo, foi possível identificar que no período de estiagem há uma predominância de águas Cloretadas (84%), seguindo por águas Mistas (8%) e Bicarbonatadas (8%). No período chuvoso os resultados mostraram predominância de águas Cloretadas (67%), águas Mistas (17%), Bicarbonatadas (11%) e Sulfatadas (5%).

A distribuição espacial dos elementos analisados apresentaram as maiores concentração de CE, STD, sílica, cloreto, sódio, potássio, cálcio, magnésio, sulfato localizadas na porção sul da área de estudo. A maioria dos elementos citados apresentarem-se dentro do padrão de potabilidade, exceto o cloreto que no período de estiagem apresentou valores acima do permitido pela Portaria 2914/2011 do MS.

Com relação aos valores físico-químicos as águas são consideradas não recomendadas para recreação em ambos os períodos, estando fora dos padrões permitidos causados pelos altos teores de cloreto oscilando de 19 a 408 mg/L no período de estiagem, ocorrendo variação de 21 a 236 mg/L no período chuvoso, com pH médio de 5,5, em ambos os períodos, considerado ácido. Todas as cinco amostras analisadas apresentaram bactérias do grupo Coliforme, podendo causar risco a saúde humana. Nesse mesmo contexto foi avaliada a água da Lagoa da Parangaba, com as análises bacteriológicas, cedidas pela Prefeitura de Fortaleza que avalia periodicamente a água da lagoa da Parangaba desde o ano de 2006 a 2010, todos os laudos confirmaram que a lagoa não é apropriada para o banho.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NB1290**: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1990. 6p.

ALMEIDA, A. R. de; SIDRIM, A. C. G.; MARANHÃO, C. M. L.; PARENTE, C. V.; TORQUATO, J. R. F.; NETO, J. de A. N.; FILHO, J. de A.; SOUZA, J. V. de; SOUZA, M. J. N.; ARTHAUD, M. H. **Granitóides do Ceará (Região de Quixadá-Solonópe)**. Revista de Geologia, UFC. Vol. 2, nº 1/2. 1989. 143p.

ARAÚJO, J. C. de; MOLINAS; P. A.; JOCA, E. L. L.; BARBOSA, C. P.; BEMFEITO; C. J. de S.; BELO, P. S. do C. **Custo de Disponibilização e Distribuição da Água por Diversas Fontes no Ceará**. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 36, nº 2, abr-jun. 2005.

BARROS, M.D.S. **Análise dos impactos ambientais decorrentes do processo de uso e ocupação da planície flúvio-lacustre e do entorno da lagoa da parangaba, fortaleza**. 2009. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza 2010.

BRANDÃO, R.L. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. 1ª edição. Fortaleza/CE: SER/REFO/CPRM. Vol. 01, 1995. 105p.

BIOINFORME. Gasometria arterial. Referências bibliográficas. Disponível em:

<http://www.sergiofranco.com.br/bioinforme/index.asp?cs=Bioquimica&ps=gasometria>
Arterial. Acesso em: 20 de novembro. 2011

BOWER, Ground water hidrology. New York:McGraw-Hill Book Company. P 480, 1979.

CASTRO, M. A. H. de. **Águas Subterrâneas**. In *Gestão de águas: Princípios e Práticas*. 1º edição. Organizado por Nilson Campos e Ticiania Studart. Porto alegre. ABRH, 2001. cap. 12, p. 169-180.

CAMPOS, **Fundamentos do Equilíbrio Ácido-Base** 2010, Disponível em:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAi6EAG/equilibrio-acido-base>.

CAMPOS, S. **Metais pesados em água**. 2003. Disponível em: <http://www.drashirleydecampo.com.br/noticias.asp?noticiaid=5239&assunto=Metais%20pesados>. Aces.em: set/2009.

CAMPOS, N. **O Modelo Institucional**. In: *Gestão de águas: Princípios e Práticas*. 1º edição. Organizado por Nilson Campos e Ticiania Studart. Porto alegre. ABRH, 2001. cap. 03, p. 39-51.

CAVALCANTE, I.N. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. 1998. 153f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CAVALCANTE, I. N.; MATTA, M. A. da S. **Poluição das Águas**. In: *Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos*. Universidade Federal do Pará. 2007. 48p.

CHAPELLE, F. **Ground-water microbiology and geochemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1992.

COELCE - **Companhia Energética do Ceará**. 2008. Disponível em: www.coelce.com.br. Acesso em: 15 de outubro de 2008.

COSTA, W. D.; COSTA FILHO, W. D. **A Gestão dos aquíferos costeiros de Pernambuco**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Cuiabá. 2004. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Mato Grosso, 2004. p. 1 – 13.

CPRM/ SEMACE/ SRH. **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. Serie Ornamental Territorial. Vol. 01, 1995. 109p.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. 2º edição. Barcelona: Omega. Vol. 2. 1983.

OLIVEIRA, 2012. O crescimento urbano e o risco à poluição das águas subterrâneas freáticas no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza – Ceará.

DIAS, F. W. C. Hidrogeologia dos Municípios de Pacajus e Chorozinho, porção sul da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

DOMENICO, P.A.& SCHWARTZ,F.W., Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons Ltd, New York.824p.1990.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CAMPUS PICI /UFC. Boletim Agrometeorológico/Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia Agrícola. 2007.

FONSECA,M.R.M.,Química:química orgânica, São Paulo, FTD, 368.1992.

GOMES, M. da C. R. **Qualidade das Águas Subterrâneas e Superficiais no Campus Universitário do Pici (Fortaleza, Ceará)**. 2006. 122f. Monografia (Graduação em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

GURGEL, J. J. S. **Mortandade Maciça de peixes no Açude Santo Anastácio (Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil) Provocada por Perturbações Atmosféricas**. Rev. Ciência Agronômica: Imprensa Universitária – UFC. Vol.24, n.1/2, 32p. Junho/Dezembro.1993.

GUINHO, Disponível em: Saúde Perfeira, Água Fluoretada e Saúde <http://saudeperfeitarfs.blogspot.com/2008/06/gua-fluoretada-e-sade.html> em: 20 de dezembro. 2011

IBGE , Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010. www.ibge.gov.br

IRITANI, M. A. **Potencial Hidrogeológico da Cidade Universitária de São Paulo**. 1993. 97f. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.1993.

J. GORDON MILLICHAP. **Is Our Water Safe to Drink?: A Guide to Drinking Water Hazards and Health Risks**, Editora PNB, p 57 - 60, 1995.

KREAMER, D.K & STETZENBACH, K.L., 1990.Development of a standart. Purecompound base gasoline mixture for use as a reference in field and laboratory experiments, Graundwater Monitoring Review, p. 135-145.1990.

KLEIN, V. L. M. **Comunidade Planctônica do Açude Santo Anastácio, Fortaleza, Ceará**. Rev. Ciência Agronômica: Imprensa Universitária – UFC. Vol.17, n.1, 5p, Junho.1986.

KÖPPEN, W. **Climatologia com um Estudo de los climas de la Tierra**. Version de Hendrichs, P.R. México, Fondo de Cultura Económica. 1948. 478p.

KOURY, F. de S. M. **A viabilidade econômica e técnica da utilização de poços tubulares para o abastecimento de água na Região de Belém e Ananindeua, Estado do Pará - Brasil**. 2006. 101f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

LAGES, P. R. R. **Gestão dos recursos hídricos subterrâneos da microrregião de Picos – PI: subsídios para operacionalização dos instrumentos de outorga e cobrança pelo uso da água**. 2006. 79f. Monografia (Especialização em gestão de recursos hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

LABORATÓRIO BIOLÓGICO ANÁLISE QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA LTDA. **Técnica de membrana filtrante**. Manual de referências bibliográficas. Disponível em: <http://www.laboratoriobiologico.com.br/kitlabor/Apostila%20Microbiologia.pdf>.

Acesso em: 10 de outubro. 2010

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de água**. Recife: U.S. Agency for International Development. 1965. 67p.

MARINHO, A.M.C.P., **Contaminação de Aquífero por Instalação de Cemitérios Estudo de Caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MARINHO J. M. L.; VASCONCELOS, S. M. S.; CAVALCANTE I. N.; MONTEIRO J. A. **Resistividade Elétrica Aplicada a Prospecção de Água Subterrânea no Campus Universitário do Pici, Fortaleza - CE**. In: XII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 1986, João Pessoa - PB, 1986. p. 476 - 490.

MANOEL FILHO. J & FEITOSA, C.A.F. (CPRM/REFO – LABHID/UFPE) - **Hidrogeologia**. Conceitos e Aplicação. CPRM e LABHID/UFPE. Fortaleza. 2ª ed. Fortaleza/CE. 412p. 2000.

MATTA, M. A. da S. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará/Brasil**. 2002. 292f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Ceará, Belém, 2002.

OLIVEIRA, 2012. O crescimento urbano e o risco à poluição das águas subterrâneas freáticas no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza – Ceará.

MATOS, B. A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismo no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo.** Tese (Doutorado Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 161p, 2001.

MATOS, B. A & PACHECO, A. **Ocorrência de microorganismos no aquífero freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo.** In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza, 11p, 2000.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos: estudo do caso do cemitério Vila Formosa na bacia Sedimentar de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia)– Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 74p, 1994.

MOBÜS, G. **Qualigraf: softwewere** para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza. 2003. Disponível em: www.funceme.br. Acesso em: 10 de novembro de 2010.

NOBRE, L. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/manualcap1.htm>. Acesso em: 20 de ago. 2010.

OLIVEIRA, E., CLEARY, R.W., CUNHA, R.C.A.& PACCHECO., A , Gasoline Hydrocarbons Groundwater Pollution Potential in Metropolitan São Paulo, In: Proceedings of International Seminar of Pollution, Protection and Control of Ground Water IAWPRC, ABAS, Porto Alegre – RS. 1990.

OLIVEIRA, M.R.B., **Interpretação de dados geofísicos de eletrorresistividade e avaliação qualitativa da água subterrânea do cemitério parque Bom Jardim, Fortaleza-CE,** (Relatório de graduação em Geologia) Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará - 2009.

PACHECO, A., **Cemitérios e meio ambiente.** 2000. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 120p, 2000.

PLANOP. Planejamento Físico e Operações. 2001. **Mapa planialtimétrico do Campus Universitário do Pici.** Escala: 1:4000.

PEDROSA, T.R.M.A.M., **Caracterização de pluma contaminantes de hidrocarbonetos em abastecimento em Fortaleza,** usando o método eletromagnético ground penetrating radar (GPR). p 24-32, 2004.

PONTES, A.P., **Estudo da contaminação, vulnerabilidade à poluição e fluxo do aquífero no entorno do cemitério São João Batista - Fortaleza-CE.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Pós-graduação em tecnologia e gestão ambiental, 2010.

POHLING, R.; SANTIAGO, M. F.; TORQUATO, J. R.; GARRETT, L. **Estudo da qualidade da água de Fortaleza.** In.: Estudo Hidrológicos do Nordeste – BNB. 1981. Organizado por Rolf Pohling. Serie: monografias. Vol. 3. p. 7 – 72.

Portaria MS Nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde 2011. 25p.

REIS, J.A.T. & MENDONÇA, A.S.F. **Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluente e corpos d' água.** 2009. Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental 2016. 26p.

RIBEIRO, J. A. P. **Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará.** 2001. 122f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

ROCHA, V. L. M. da. **Levantamento das condições operacionais da estação de tratamento de esgoto do Campus do Pici.** 2007. 36f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica.** In: Hidrogeologia. Conceitos e Aplicação. CPRM e LABHID/UFPE. Fortaleza. 2ª edição. Feitosa, C.A.F. & Filho, J.M. 2000. cap. 05. p.81-107.

SENRA, J. B.; HAGER F. P. V. **Gestão Integrada de aquíferos de aquíferos e políticas públicas.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Cuiabá. 2004. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Mato Grosso, 2004. p. 1 - 7.

SETOR DE ANÁLISE DE CONTAS. **Planilha de custo da CAGECE de 2005 a 2007 do Campus Universitário do Pici/UFC.** Pró-Reitoria de Administração da Universidade Federal do Ceará. 2007.

OLIVEIRA, 2012. O crescimento urbano e o risco à poluição das águas subterrâneas freáticas no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza – Ceará.

SOUZA, A.K.P. Qualidade das águas Subterrâneas na Região Circunvizinha ao Lixão do Jangurussu, Fortaleza – Ceará. Dissertação de Mestrado DEGEO/CC/UFC. Fortaleza-CE. 106p. 2002.

SOUZA, E. S. **Diagnóstico Geoambiental: Uso e ocupação do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará.** 1997. 78f. Monografia (Graduação em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

SILVA LM. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos Aquíferos livres.** In: IV Congresso Latino-americano de Hidrologia Subterrânea, Montevideu. 1998. 2: 667–681.

SRH. Secretaria de Recursos Hídricos. **Decreto Nº 23.068 de Fevereiro de 1994.** Legislação sobre Sistemas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza. Disponível.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Referências bibliográficas. Disponível em: <http://www.standardmethods.org>. Acesso em 16 de outubro. 2010.

STUDART, T. M. de C.; VIEIRA, V. de P. P. B. **A Gestão da Água Subterrânea no Ceará.** In: III SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, Salvador. 1996. Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Porto Alegre: ABRH, 1996. p. 193 – 199.

TAJRA, A.A. **Aspectos Técnico-construtivos dos poços tubulares e a legislação Permitente. Área Piloto de Fortaleza-Ceará.** 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

TANCREDI, A.C.F.N.S. **Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém: Fundamentos para uso e proteção.** 1996. 153f. Tese (Doutorado em Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

TIBÚRCIO, E.C. **Caracterização e modelagem hidrológica da bacia do maranguapinho utilizando sistema de informação geográfica.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2007 - São Paulo – 2007.p. 1 – 17.

UMBUZEIRO, G. de A. Padrões de qualidade de água. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/EA/encontro_agua_1106/paraiba_sul/palestras/Gisela_Umbuzeiro_Padros.pdf. Acesso em: 25 de agosto de 2008.

OLIVEIRA, 2012. O crescimento urbano e o risco à poluição das águas subterrâneas freáticas no entorno da Lagoa da Parangaba, Fortaleza – Ceará.

Hídrico – Exemplo de Fortaleza, (CE). Rev.Geologia. Fortaleza: Imprensa Universitária – UFC. Vol. 7. p. 27 – 34. 1994.

VASCONCELOS, S. M. S. **Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE.** 1999. 100f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VIDAL, C. L. R. **Disponibilidade e Gerenciamento Sustentável do Aquífero Serra Grande no Município de Picos – Piauí.** 2003. 208f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2003.

APÊNDICE A

ANALISES MICROBIOLÓGICAS REALIZADA NA LAGOA DA PARANGABA

MONITORAMENTO SISTEMÁTICO DOS DEZ PRINCIPAIS SISTEMAS LACUSTRES DE FORTALEZA-CE

AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE, CONFORME DIRETRIZES ESTABELECIDAS NA RESOLUÇÃO Nº 274 DO CONAMA, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000

BOLETIM SEMANAL
PERÍODO: 16/09/2006 A 14/10/06

CORPO HÍDRICO	ENQUADRAMENTO
Lago Jacarei	IMPRÓPRIA
Lagoa da Mondubim	PRÓPRIA
Lagoa da Parangaba	IMPRÓPRIA
Lagoa da Sapiranga	PRÓPRIA
Lagoa de Messejana	PRÓPRIA
Lagoa de Porangabussu	IMPRÓPRIA
Lagoa do Opala	IMPRÓPRIA
Lagoa Maraponga	PRÓPRIA
Lagoa Maria Vieira	IMPRÓPRIA
Lagoa Itaperaoba	IMPRÓPRIA*

*Embora que os valores de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* estejam dentro dos padrões para águas próprias para banho, a lagoa foi considerada **imprópria** em função da presença de entradas pontuais de esgotos sanitários a partir de galerias pluviais e atividade de criação de suínos em um dos lados da margem, conforme informações complementares do **diagnóstico ambiental** das áreas de influência das lagoas, trabalho que continua a ser executado de forma sistemática.

REFERENCIAIS

Própria: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo 500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros (500NMP/100mL) ou 400 *Escherichia coli* por 100 mililitros (400NMP/100ml).

Imprópria: quando não forem atendidos os critérios estabelecidos para águas próprias.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES

1 - Considerando-se que o **enquadramento** teve como referência os **valores médios de coliformes termotolerantes** e de *Escherichia coli* encontrados nas cinco últimas semanas, conforme estabelecido na **Resolução 274/2000 do CONAMA**, faz-se necessária a **consolidação do diagnóstico ambiental da área de influência de cada lagoa** para que se possa avaliar as potenciais áreas de riscos à saúde dos usuários devido ao aporte clandestino **pontual** de contaminantes a partir das **galerias pluviais** e **difuso** por disposição inadequada de resíduos sólidos nas margens. Este mapeamento de cada microbacia, com identificação geo-referenciada dos possíveis pontos de poluição, complementará as informações necessárias à garantia dos usos múltiplos dos ecossistemas, incluindo a **recreação de contato primário**, as quais serão disponibilizadas para a população à proporção que forem levantadas.

**QUADRO RESUMIDO DO
ENQUADRAMENTO DAS DEZ PRINCIPAIS
LAGOAS URBANAS DE FORTALEZA-CE NO
PERÍODO DE 05/08/2006 A 02/09/06.**

CORPO HÍDRICO	ENQUADRAMENTO
Lago Jacarei	PRÓPRIA
Lagoa da Mondubim	PRÓPRIA
Lagoa da Parangaba	IMPRÓPRIA
Lagoa da Sapiranga	PRÓPRIA
Lagoa de Messejana	PRÓPRIA
Lagoa de Porangabussu	IMPRÓPRIA
Lagoa do Opaia	IMPRÓPRIA
Lagoa Maraponga	PRÓPRIA
Lagoa Maria Vieira	IMPRÓPRIA
Lagoa Itaperaoba	PRÓPRIA

Observações:

1 - A referida classificação baseia-se nas diretrizes estabelecidas pela Resolução 274/2000 do CONAMA para balneabilidade, considerando-se as médias geométricas das concentrações de **coliformes termotolerantes** e **Escherichia coli**, determinadas em três pontos de amostragem para cada lagoa, nas cinco últimas semanas e em horários de maior afluência de público ao ecossistema hídrico.

2 - Amostragem e análises realizadas pela Equipe Técnica do Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do CEFETCE (LIAMAR/CEFETCE), Coordenada pelo Prof. Bemvindo Gomes, através do Convênio CEFETCE-SEMAM N°. 05/2006.

= **Procedimentos de Amostragem:** a amostragem foi realizada semanalmente, aos sábados e domingos, nos horários de 9:00h às 15:00h e 9:30h às 14:30h, respectivamente, sendo coletados dois pontos de margem (entrada do principal tributário e sangradouro) e um ponto de centro. A profundidade mínima de cada ponto é de 1m. As amostras foram coletadas em frascos estéreis de 250mL, acondicionadas em caixas isotérmicas (temperatura entre 4 - 10 °C) e encaminhadas ao Laboratório para processamento imediato.

METODOLOGIAS ANALÍTICAS

= As amostras foram processadas conforme diretrizes do **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater 20ª** Edição, métodos **9221-E (Tubos múltiplos em Meio A1)** para coliformes termotolerantes e **9223-B (Substrato Cromogênico - ONPG-MUG)** para *Escherichia coli*.

RESULTADOS

CONCENTRAÇÕES POR PONTOS

Ecossistemas	Data da Coleta	Horário		Concentração de Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL			Concentração de <i>Escherichia coli</i> - NMP/100mL		
		Coleta	Entrada no Laboratório	PONTO - OP ₁	PONTO - OP ₂	PONTO - OP ₃	PONTO - OP ₁	PONTO - OP ₂	PONTO - OP ₃
Lagoa do Cipua	19/jun/2010	9:00h - 10:00h	18:00	13000	160000	160000	78000	52000	160000
	26/jun/2010			42280	4808	130900	42260	4808	130000
	03/jul/2010			14000	15000	9300	3900	12000	9300
	10/jul/2010			92000	3300	780	54000	3300	450
	17/jul/2010			920000	24000	4500	920000	24000	3300
Lagoa de Forangabussu	19/jun/2010	10:00h - 11:00h	18:00	7900	4000	54000	7900	3300	54000
	26/jun/2010			35000	4900	4500	35000	4900	2000
	03/jul/2010			23000	4000	4500	23000	3300	3300
	10/jul/2010			7800	780	2100	4500	450	1100
	17/jul/2010			350000	4800	180000	350000	4800	180000
Lagoa da Parangaba	19/jun/2010	11:00h - 12:00h	18:00	3300	2300	4500	680	2300	4500
	26/jun/2010			13000	780	7900	3400	780	7900
	03/jul/2010			2300	4900	2400	2300	4900	1700
	10/jul/2010			2700	4900	3300	2700	1700	3300
	17/jul/2010			35000	13000	4900	35000	13000	4900
Lagoa da Maraponga	19/jun/2010	12:00h - 13:00h	18:00	79	1700	24000	79	1700	24000
	26/jun/2010			1800	2992	330	540	2992	330
	03/jul/2010			490	490	1300	490	170	220
	10/jul/2010			1100	330	130	1100	330	130
	17/jul/2010			7900	18000	5400	4900	18000	5400
Lagoa do Mondubim	19/jun/2010	13:00h - 14:00h	18:00	450	140	170	450	140	78
	26/jun/2010			140	330	96	140	230	96
	03/jul/2010			230	230	230	130	230	45
	10/jul/2010			170	490	210	170	330	140
	17/jul/2010			3500	3500	790	3500	3500	490
Lagoa do Catão	19/jun/2010	14:00h - 15:00h	18:00	230	230	2200	230	78	680
	26/jun/2010			330	330	450	330	170	200
	03/jul/2010			330	230	140	170	230	81
	10/jul/2010			2300	1700	490	790	790	330
	17/jul/2010			13000	11000	5400	13000	7000	1700

ECOSSISTEMAS	PERÍODO	Concentração Média de CTT - NMP/100mL	Concentração Média de Ec - NMP/100mL	Padrões		Enquadramento Final
				CTT NMP/100mL	Ec NMP/100mL	
Cipua	19/jun/2010 a 17/jul/2010 (aos sábados)	23781	21175	500	400	IMPRÓPRIA
Forangabussu		10486	8394	500	400	IMPRÓPRIA
Parangaba		4541	3404	500	400	IMPRÓPRIA
Maraponga		1300	970	500	400	IMPRÓPRIA
Mondubim		341	251	500	400	IMPRÓPRIA*
Catão		851	465	500	400	IMPRÓPRIA

Resolução N° 274 do CONAMA, de 29 de novembro de 2000.



= **Procedimentos de Amostragem:** a amostragem foi realizada semanalmente, aos sábados e domingos, nos horários de 9:00h às 15:00h e 9:30h às 14:30h, respectivamente, sendo coletados dois pontos de margem (entrada do principal tributário e sangradouro) e um ponto de centro. A profundidade mínima de cada ponto é de 1m. As amostras foram coletadas em frascos estéreis de 250mL, acondicionadas em caixas isotérmicas (temperatura entre 4 - 10 °C) e encaminhadas ao Laboratório para processamento imediato.

METODOLOGIAS ANALÍTICAS

= As amostras foram processadas conforme diretrizes do **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater 20^a**, Edição, métodos **9221-E (Tubos múltiplos em Meio A1)** para coliformes termotolerantes e **9223-B (Substrato Cromogênico - ONPG-MUG)** para *Escherichia coli*.

RESULTADOS

CONCENTRAÇÕES POR PONTOS

Ecossistemas	Data da Coleta	Horário		Concentração de Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL			Concentração de <i>Escherichia coli</i> - NMP/100mL		
		Coleta	Entrada no Laboratório	PONTO - OP ₁	PONTO - OP ₂	PONTO - OP ₃	PONTO - OP ₁	PONTO - OP ₂	PONTO - OP ₃
Lagoa do Opara	5.dez.2009	9:00h - 10:00h	16:00	126995	4065	18605	60049	4065	17190
	12.dez.2009			121291	3916	17681	49360	3916	16081
	19.dez.2009			249322	3744	8923	96820	3744	7993
	26.dez.2009			253377	3817	9167	101097	3817	7996
	2.jan.2010			274429	3401	10568	121895	3401	8970
Lagoa de Florangabussu	5.dez.2009	19:00h - 11:00h	16:00	26295	3031	769	19263	2297	443
	12.dez.2009			37428	4364	765	19487	3050	365
	19.dez.2009			27991	3366	809	26663	2944	378
	26.dez.2009			30927	4634	578	27892	3947	359
	2.jan.2010			25637	3935	606	19431	2751	343
Lagoa da Parangaba	5.dez.2009	11:00h - 12:00h	16:00	2643	1742	3372	1926	637	2044
	12.dez.2009			2717	1268	3687	1891	566	2372
	19.dez.2009			2805	1285	2692	1784	567	2221
	26.dez.2009			2699	1865	3680	1744	698	1920
	2.jan.2010			2899	1557	3047	1707	617	1592
Lagoa da Maraponga	5.dez.2009	12:00h - 13:00h	16:00	301	180	956	251	195	272
	12.dez.2009			224	171	544	126	148	174
	19.dez.2009			195	157	664	115	131	169
	26.dez.2009			235	164	437	139	131	164
	2.jan.2010			279	177	510	146	163	161
Lagoa do Mondubim	5.dez.2009	13:00h - 14:00h	16:00	347	646	186	200	426	59
	12.dez.2009			375	695	179	218	506	50
	19.dez.2009			533	677	172	326	244	50
	26.dez.2009			642	781	163	398	433	57
	2.jan.2010			497	566	211	258	273	75
Lagoa do Catalão	5.dez.2009	14:00h - 15:00h	16:00	2231	1211	1883	1006	730	1631
	12.dez.2009			1023	672	996	502	455	822
	19.dez.2009			639	452	869	324	293	688
	26.dez.2009			611	532	991	356	303	681
	2.jan.2010			649	506	939	340	256	615

ECOSSISTEMAS	PERÍODO	Concentração Média de CTT - NMP/100mL	Concentração de Média de Ec - NMP/100mL	Padrões		Enquadramento Final
				CTT NMP/100mL	Ec NMP/100mL	
Opara	05.dez.09 a 02.jan.10 tudo sábados	20794	14985	500	400	IMPRÓPRIA
Florangabussu		4154	2868	500	400	IMPRÓPRIA
Parangaba		2489	1344	500	400	IMPRÓPRIA
Maraponga		290	164	500	400	PRÓPRIA
Mondubim		369	175	500	400	PRÓPRIA
Catalão		849	539	500	400	IMPRÓPRIA

Resolução N° 274 do CONAMA, de 29 de novembro de 2000.

2 - Dados quantitativos de bactérias indicadoras de contaminação fecal obtidos considerando-se as médias geométricas das concentrações de **coliformes termotolerantes** e ***Escherichia coli***, determinadas em três pontos de amostragem para cada lagoa, nas cinco últimas semanas e em horários de maior afluência de público ao ecossistema hídrico.

3 - A amostragem de superfície (30 a 50cm de profundidade) é realizada semanalmente, aos sábados e domingos, no horário de 9:00h às 14:00h; sendo coletados dois pontos de margem (entrada do principal tributário e sangradouro) e um ponto de centro. A profundidade mínima de cada ponto é de 1m. As amostras são coletas em frascos estéreis de 250mL, acondicionadas em caixas isotérmicas (temperatura entre 4 – 10 °C) e encaminhada ao laboratório para processamento imediato.

4 - As amostras são processadas conforme diretrizes do **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater**, 20ª Edição, métodos **9221-E** (Tubos múltiplos em meio A₁) para coliformes termotolerantes e **9223-B** (Substrato Cromogênico – ONPG-MUG) para *Escherichia coli*.

5 - A amostragem e análises são realizadas pela Equipe Técnica do Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do CEFETCE - (LIAMAR/CEFETCE). Coordenada pelo Prof. Bemvindo Gomes.

IMPORTANTE:

1. Apesar das concentrações médias de CTT e Ec atenderem aos padrões para águas próprias para banho, observa-se que o percentual de amostras coletadas nas cinco últimas semanas que atendem ao padrão considerado (500NMP/100mL de CTT e 400NMP/100mL de Ec) é inferior a 80%, razão porque a água foi considerada imprópria.

2. Referenciais:

PRÓPRIA: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, coletadas no mesmo local, houver no máximo 500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros (500NMP/100mL) ou 400 *Escherichia coli* por 100 mililitros (400NMP/100ml).

IMPRÓPRIA: quando não forem atendidos os critérios estabelecidos para águas próprias.

3. Considerando-se que o enquadramento teve como referência os valores médios de coliformes termotolerantes e de *Escherichia coli* encontrados nas cinco últimas semanas, conforme estabelecido na Resolução 274/2000 do CONAMA, faz-se necessária a consolidação do diagnóstico ambiental da área de influência de cada lagoa para que se possa avaliar as potenciais áreas de risco à saúde dos usuários devido ao aporte clandestino pontual de contaminantes a partir das galerias pluviais, e difuso por disposição inadequada de resíduos sólidos nas margens, além de outras atividades potencialmente poluidoras instaladas nas áreas de influência direta. Este mapeamento de cada microbacia, com identificação georreferenciada dos possíveis pontos de poluição, complementará as informações necessárias à garantia dos usos múltiplos dos ecossistemas, incluindo a recreação de contato primário, as quais serão disponibilizadas para a população a proporção que forem levantadas pela SEMAM.
4. Os dados quantitativos de bactérias indicadores de contaminação fecal foram obtidos considerando-se as médias geométricas das concentrações de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* determinadas em três pontos de amostragem para cada lagoa, nas cinco últimas semanas e em horários de maior afluência de público ao ecossistema hídrico.
5. As amostragens e análises são realizadas pela Equipe Técnica do Laboratório LIAMAR (Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias) do CEFET/CE, Coordenada pelo Prof. MSc. Bemvindo Gomes.

Fortaleza, 08 de janeiro de 2010.

Prof. MSc. Raimundo Bemvindo Gomes
Coordenador do LIAMAR/CEFET/CE

APÊNDICE B

ANALISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO PERÍODO DE ESTIAGEM (OUTUBRO DE 2011)



Requisitante: Geól. Magno (Pós Graduação Geologia) - Procedência das Amostras:
Data de entrada no Laboratório: 31 /10/2011

Nº da amostra / poço	pH	CE (µS/cm)	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	Cálcio (Ca ⁺⁺)	Magnésio (Mg ⁺⁺)	Sódio (Na ⁺)	Potássio (K ⁺)	Cloreto (Cl ⁻)	Sulfato (SO ₄ ²⁻)	Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	STD	Amônia (NH ₃)	Fluoreto (F ⁻)	Alcalinidade Total (CaCO ₃)	Dureza Total (CaCO ₃)	Turbidez (UNT)	Ferro Total	Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	Sílica (SiO ₂)
P01	6,55	612	113	35	17	53	13	188	36	10	411	<0,02	0,20	93	158	5,8	0,12	<0,02	10
P02	5,40	654	22	14	15	79	7	298	20	15	371	<0,02	0,05	18	98	6,9	<0,05	<0,02	5
P06	5,94	915	54	35	24	86	22	348	58	20	538	<0,02	0,04	44	188	5,7	<0,05	<0,02	5
P07	6,23	438	69	20	10	41	4	198	26	2	281	<0,02	0,07	57	92	11,7	0,22	<0,02	4
P10	5,60	576	22	11	16	55	9	232	33	25	370	<0,02	0,04	18	94	5,7	<0,05	<0,02	8
P11	4,27	813	2	6	11	95	7	408	18	15	406	<0,02	0,05	2	60	8	<0,05	<0,02	3
P12	4,83	544	5	14	13	52	9	196	49	17	313	<0,02	0,06	4	90	7,9	<0,05	<0,02	5
P13	4,88	454	7	2	7	59	3	111	5	10	238	<0,02	0,03	6	32	5,7	0,10	<0,02	4
P14	5,92	1390	81	26	36	184	13	351	66	16	825	<0,02	0,03	67	218	2,6	0,38	0,13	4
P16	7,23	670	113	50	23	41	11	64	91	14	451	0,1	0,06	93	220	10,5	0,47	0,30	2
P18	6,93	517	49	15	17	50	5	121	8	1	275	<0,02	0,80	40	110	6,4	<0,05	<0,02	6
P19	6,14	679	32	23	19	63	11	109	32	36	435	<0,02	0,05	26	138	7,9	0,17	0,30	2
P20	6,93	777	160	17	39	55	11	117	58	8	491	<0,02	0,06	131	206	6,5	<0,05	0,05	2
P21	5,46	160	12	4	6	17	3	29	18	3	104	<0,02	0,04	10	36	6,1	0,10	<0,02	3
P22	4,57	89	5	1	3	7	2	19	4	2	54	<0,02	0,03	4	14	5,8	<0,05	<0,02	5
P24	4,63	636	2	14	14	66	7	141	23	24	367	<0,02	0,06	2	96	28	1,80	<0,02	4
P26	5,32	576	25	12	16	63	5	122	9	12	304	<0,02	0,07	20	96	6,8	0,16	<0,02	4
P28	3,98	695	0	11	23	66	9	131	35	26	382	0,2	0,20	0	124	6,8	<0,05	<0,02	3
P30	3,7	688	0	13	13	66	7	132	20	28	366	0,2	0,30	0	86	6,0	<0,05	<0,02	3

Metodologia: Foram seguidas as diretrizes gerais do Standard Methods (APHA, 2005)
Concentração em mg/L
<Limite de Quantificação

Fortaleza, 16 de novembro de 2011


Prof. George Saitander Sá Freire
Coordenador do LGMA


Diolande F. Gomes
Química – CRQ 10100188



Requisitante: Geól. Magno (Pós Graduação Geologia) - Procedência das Amostras: _____
Data de entrada no Laboratório: 04 /06/2012

Nº da amostra / poço	pH	CE (µS/cm)	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	Cálcio (Ca ⁺⁺)	Magnésio (Mg ⁺⁺)	Sódio (Na ⁺)	Potássio (K ⁺)	Cloreto (Cl ⁻)	Sulfato (SO ₄ ²⁻)	Nitrato (N-NO ₃)	STD	Amônia (NH ₃)	Fluoreto (F)	Alcalinidade Total (CaCO ₃)	Dureza Total (CaCO ₃)	Turbidez (UNT)	Ferro Total	Alumínio (Al)	Nitrito (N-NO ₂)	Sílica (SiO ₂)
P01	6,65	708	177	53	24	63	23	99	57	5	538	<LD	0,4	145	232	7,3	<LD	<LD	0,003	20
P06	5,88	789	44	32	17	83	30	141	73	13	484	<LD	0,4	36	152	6,5	<LD	<LD	<LD	6
P07	6,15	560	74	30	8	65	24	108	39	<LD	352	<LD	0,3	61	108	17,2	0,21	<LD	0,010	4
P10	5,14	639	15	10	16	74	27	114	39	20	385	<LD	0,3	12	92	6,1	0,12	<LD	<LD	3
P11	5,55	365	20	35	1	34	12	87	1	3	206	<LD	0,3	16	92	5,2	<LD	<LD	<LD	2
P12	4,92	548	10	10	13	67	24	89	73	16	361	<LD	0,3	8	80	6,7	<LD	<LD	0,006	4
P13	4,55	456	10	0	6	71	26	112	1	7	264	<LD	0,2	8	24	7,2	<LD	<LD	<LD	7
P14	5,78	1054	64	21	24	115	41	236	83	12	639	<LD	0,3	53	152	6,6	0,11	0,03	0,025	2
P16	5,81	733	30	51	29	48	17	67	210	16	536	<LD	0,3	24	248	6,9	<LD	<LD	0,076	13
P17	6,76	502	84	0	22	63	23	74	6	16	369	<LD	0,4	69	92	5,4	<LD	<LD	0,004	27
P18	6,96	583	49	11	21	68	25	143	7	<LD	327	<LD	0,3	40	116	9,4	<LD	<LD	<LD	3
P19	6,20	759	44	35	16	75	27	120	60	16	450	<LD	0,4	36	156	6,3	0,22	<LD	0,004	2
P20	6,37	880	89	26	38	85	31	122	116	13	566	<LD	0,3	73	224	7,0	0,11	<LD	<LD	2
P21	5,01	178	12	0	7	31	11	27	17	5	131	<LD	0,3	8	28	6,0	<LD	<LD	<LD	4
P22	4,30	99	7	0	3	20	7	21	1	4	81	<LD	0,3	4	12	5,7	<LD	<LD	<LD	5
P23	6,08	680	39	22	21	76	28	114	58	4	378	<LD	0,3	32	144	6,6	<LD	<LD	0,010	2
P24	4,29	640	5	6	21	77	28	141	21	13	361	<LD	0,3	4	104	6,5	<LD	0,09	0,007	5
P26	5,24	629	15	10	16	79	29	127	7	21	381	<LD	0,3	12	92	5,6	<LD	<LD	<LD	6
P28	5,42	634	30	13	19	71	26	112	37	15	378	<LD	0,3	24	112	6,1	<LD	<LD	0,003	4
P30	3,68	648	0	5	14	81	29	122	21	26	391	<LD	0,4	0	72	4,9	<LD	3,4	0,007	5

Metodologia: Foram seguidas as diretrizes gerais do Standard Methods (APHA, 2005)

Concentração em mg/L

<Limite de Detecção

Fortaleza, 06 de agosto de 2012


Prof. George Satander Sá Freire
Coordenador do LGMA


Diolande F. Gomes
Química – CRQ 10100188